Abhandlungen
aus dem Gebiet der Bäder- und Klimaheilkunde
Herausgegeben von
H. Vogt-Breslau · K. Knoch-Berlin
Heft 2

Die typischen Eigenschaften der Peloide
und deren Bedeutung für die Badewirkungen

Der Hohen Medizinischen Fakultät der Universität Breslau
zur Erlangung der Würde des Dr. med. habil. vorgelegt

von

Dr. Walter Zörkendörfer
Reichsanstalt für das Deutsche Bäderwesen
an der Universität zu Breslau

Mit 12 Abbildungen

Berlin
Verlag von Julius Springer
1938

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1938 by Julius Springer in Berlin.
Printed in Germany.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Vorwort.

Die Notwendigkeit, alle deutschen Bodenschätze zu erschließen, macht es uns zur Pflicht, auch die Heilschätze unseres Heimatbodens zu erfassen. So wurde zur Registrierung der Moore, Schlamme, Erden usw. eine Arbeitsgemeinschaft der Reichsanstalt für das deutsche Bäderwesen mit der Preußischen Geologischen Landesanstalt ins Leben gerufen. Diese Arbeit kann sich jedoch nicht auf die einfache Registrierung des Vorhandenen beschränken, vielmehr muß sie auch die Zusammenhänge zwischen der Zusammensetzung bzw. den Eigenschaften des Materials und dessen balneo-therapeutischem Werte zu klären suchen, um das Gute von minderwertigen Naturstoffen oder minderwertigen Ersatzprodukten scheiden zu können. Und hierzu will die vorliegende Schrift einen kleinen Beitrag bringen.

Für die Unterstützung zur Ausführung und Drucklegung dieser Studie aus dem Wissenschaftlichen Fonds des Reichsfremdenverkehrsverbandes sei hier dessen Präsidenten, Herrn Staatsminister a. D. Herrmann Esser, vielmals gedankt. Ebenso bin ich Herrn Dr. Ferdinand Springer für sein weites Entgegenkommen zu Danke verpflichtet.

Breslau, im Oktober 1938.

Walter Zörkendörfer.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1

1. Die Konsistenz 4

a) Wassergehalt und Stabilität 5

b) Zähigkeit und Druck 8

2. Das Wärmeverhalten 18

3. Stofftransport und Adsorption 25

Zusammenfassung 31

Literaturverzeichnis 33

Einleitung.

Aus einer alten Volksheilkunde haben unsere Heilbäder die Anwendung verschiedener Schlamme, Erden u. dgl. — welche wir heute unter dem Sammelnamen *Peloide*[1] zusammenfassen —, zu Umschlägen und Packungen übernommen und zu einer hochentwickelten Badetechnik und Balneotherapie ausgebaut.

Stehen die Heilerfolge dieser Bäder aus uralter Erfahrung heraus unzweifelhaft fest und werden sie täglich immer wieder bestätigt, ist es Aufgabe der Forschung, zu ermitteln, *wie* und *warum* diese Wirkungen zustande kommen und auf *welche Bestandteile* oder *Eigenschaften* sie zurückzuführen sind. Und hierüber sind unsere Kenntnisse auf diesem Gebiete noch recht mangelhaft. Die bloße Erfahrungstatsache kann uns aber nicht befriedigen, über die Befriedigung dieses unseres Wissensbedürfnisses hinaus kommen uns die Ergebnisse der Forschung aber auch in der praktischen Tätigkeit zugute. Wird doch das ärztliche Handeln nicht ausschließlich aus der Erfahrung heraus bestimmt — wenn diese auch immer das Maßgebende bleiben muß —, sondern daneben auch von den Vorstellungen, welche wir uns über das Krankheitsgeschehen und den Wirkungsmechanismus unserer Heilmittel machen.

Die Zuwendung des deutschen Menschen zur Natur, vor allem aber auch die Lebensnotwendigkeit Deutschlands, sich auf seine eigenen Bodenschätze zu besinnen, gebieten erneut eine eingehendere Beschäftigung mit den Heilschätzen des deutschen Bodens und eine Sichtung dieser Schätze. Besuchen doch nicht nur zahlreiche Deutsche ausländische Bäder, sondern werden auch nach Deutschland ausländische Heilschlamme eingeführt und in großem Umfang immer noch in deutschen Bade- und Heilanstalten verwendet. Von einem Mangel an deutschen Materialien kann gar keine Rede sein. Verfügen wir doch über ausgedehnte Moorflächen, weite schlickerfüllte Meeresbuchten u. a. m. Eher besteht auf diesem Gebiet schon ein Überangebot. So handelt es sich denn hier weniger darum, neue Bodenschätze aufzusuchen, als vielmehr von den vorhandenen das Gute vom Minderwertigen zu trennen.

Gerade auch hierbei macht sich die Unsicherheit unserer Kenntnisse über den Wirkungsmechanismus und das wirksame Prinzip der Peloidbäder empfindlich bemerkbar. Wird unser Urteil über die Güte eines bestimmten Materials doch in erster Linie davon abhängen, welchen Bestandteilen bzw. Eigenschaften wir die größere Bedeutung beimessen. Und bei einer Sichtung unseres gesamten bodenständigen Heilgutes wird ein Vergleich der Eigenschaften verschiedener Materialien — seien es der deutschen gegen ausländische oder der deutschen untereinander — das wesentliche bleiben. Denn die zweite Möglichkeit, die biologische Wertbestimmung erscheint bei dem Hauptanwendungsgebiet der

[1] Definition and Classification of Peloids. Arch. of med. Hydrol. **12**, 265 (1934).

Peloidbäder — obenan den rheumatischen Erkrankungen — undurchführbar, weil wir hierfür keinen quantitativ auswertbaren biologischen Test besitzen.

Die älteren Autoren beschränkten ihre Untersuchungen und Darlegungen meist auf ein bestimmtes Material oder doch auf eine eng umschriebene Gruppe — in Deutschland waren dies fast ausschließlich die Moorbäder, während sich z. B. die Russen wieder nur mit den Limanen ihres Landes befaßten — und suchten dessen Wirkung auf die verschiedensten Arten zu erklären. Diese Vielgestaltigkeit der Erklärungsversuche hat eine objektive Beurteilung und Bewertung verschiedener solcher Peloide sehr erschwert, und erst die neuere Zeit hat langsam eine mehr oder minder allgemein anerkannte Ansicht durchdringen lassen und so erst die Schaffung brauchbarer Methoden für die Wertbestimmung ermöglicht (Kionka, Benade, Lendel, Judd-Lewis).

Diese stützen sich hauptsächlich auf *physikalische Faktoren*, vor allem das eigenartige *Wärmeverhalten* dieser Bäder, welche denn auch schon den ersten Autoren aufgefallen waren, die sich bald nach Einführung der Moorbäder in Deutschland mit diesen beschäftigten (Cartellieri 1852, Jacob 1876, Peters 1881). Besonders Jacob war es, der *den physikalischen Zustand als das eigentliche wirksame Prinzip dieser Bäder* ansprach und diese Ansicht durch die Beobachtung zu stützen suchte, daß Kleiebäder dieselben Wirkungen entfalten. Dieser Auffassung, welche das Wesen der Moorbäder in der Hauptsache wenigstens in physikalischen Faktoren sah, folgten u. a. Helmkampff, Stark, Kionka, Schade und in neuerer Zeit besonders Benade und Souci. Doch fehlte es auch nicht an Autoren, welche für chemische Wirkungen eintraten und solche bald auf diese, bald auf jene Stoffe bezogen. Der erste war wohl Lehmann 1855. Ihm folgten E. H. Kisch, Ludwig, Kobert, in neuerer Zeit Aschheim u. a. Die meisten nehmen eine vermittelnde Stellung ein und lassen dies und jenes nebeneinander gelten, wobei die einen auf die physikalischen Faktoren den Hauptwert legten, die anderen auf chemische Bestandteile. Nach der Auffassung, welche sich heute in der Balneotherapie überhaupt durchgerungen hat, daß es sich in den meisten Fällen um eine sehr komplexe allgemeine Umstimmung handelt, welche sich nicht auf einen einzigen wirksamen Faktor zurückführen läßt, sondern eben nur auf die Gesamtheit vieler Einzelfaktoren, erscheint eine solche Mittelstellung durchaus gerechtfertigt, wenigstens soweit es sich um den Einzelfall oder das Einzelbad handelt. Etwas anders werden die Verhältnisse, wenn wir auf eine große Hauptgruppe von Bädern verallgemeinern wollen. Hier fallen natürlich immer gewisse Einzelfaktoren aus, welche in dem einen besonderen Falle eine Rolle spielen mögen, aber der Gruppe als Ganzes nicht zukommen. Um zu einem solchen verallgemeinerten Begriff der Wirkungen der Peloide zu gelangen, müssen wir die für die ganze Gruppe typischen Merkmale herausschälen.

Die *Materialien*, welche zu solchen Bädern Verwendung finden, sind nun keineswegs einheitlicher Natur, sondern der verschiedenartigsten Herkunft und Zusammensetzung. In der ersten Zeit war die Mannigfaltigkeit noch nicht so groß. Haben sich doch die ersten Schlammbäder aus begreiflichen Gründen da entwickelt, wo sich in der Natur ein Schlamm in solchem Zustande vorfand, daß er unmittelbar oder doch ohne große Vorbereitungen auf die erkrankten Glieder gepackt werden konnte. Am idealsten war diese Vorbedingung bei den natur-

warmen Thermalschlammen gegeben. An anderen klimatisch begünstigten Orten erwärmte sich der von Natur aus kalte Schlamm in der Sonne von selbst auf eine geeignete Temperatur — eine Erwärmungsart, welche am Schwarzen Meer vielfach heute noch gebräuchlich ist. Als man aber, angeregt durch die Erfolge der ersten Schlammbäder — Bagno di Fango u. a. —, auch anderwärts daranging, nach brauchbaren Badeschlammen zu suchen, lernte man mit den Fortschritten der Technik auch aus von Natur weniger begünstigten Peloiden ein gutes Bademateriał herstellen. Hierher gehören die in Deutschland wenigstens im ortsgebundenen Badebetrieb am meisten verwendeten Moorbäder, welche erst durch eine gewisse Aufbereitung badefähig werden. Dann aber stehen sie den Mineral- bzw. Thermalschlammen durchaus nicht nach, haben diesen gegenüber sogar gewisse Vorzüge. Noch einen Schritt weiter kommen wir zu bereits verfestigten Sedimenten — man könnte sie als versteinerte Schlamme bezeichnen —, welche im nativen Zustand als feste Gesteine erscheinen und äußerlich überhaupt nicht mehr an einen Schlamm erinnern. In neuerer Zeit werden aber auch solche — wieder zermahlen und aufgeschlämmt — zu Packungen verwendet (Eifelfango, Jurafango, Rügener Kreide). Aber auch die nativen Schlamme selbst sind durchaus nichts Einheitliches: Thermalschlamme, Limane und Meeresschlicke, welche letztere neuerdings auch in Deutschland durch Keilhack eingeführt wurden, Organismenschlamme (Pelose) sind durchaus verschiedene Dinge. Dazu kommen noch die Tone (Homburg), Sande (Köstritz), Erze (Teufelsbadschlamm) u. a. Kurz: Was wir hier *auf Grund der Verwendung* zu einem bestimmten therapeutischen Zweck *zu einer Gruppe* zusammenschließen, besteht aus einer *überaus bunten Reihe* von Naturstoffen, welche in ihrer *Zusammenetzung keinerlei gemeinsame Züge* erkennen lassen. Wir finden darunter fast rein anorganische Stoffe, wieweit überwiegend aus organischem Material bestehende; solche von sehr einfachem einheitlichem Chemismus (wie z. B. die Kreide) bis zu hochkomplexen Silicatgesteinen oder organischen Stoffen pflanzlicher Herkunft.

Wenn wir derart heterogene Stoffe zu einer Gruppe zusammenfassen, so geht schon daraus hervor, daß es sich hierbei um den Gehalt an irgendwelchen bestimmten, wie immer gearteten *Stoffen als Träger der Wirksamkeit überhaupt nicht handeln kann*, sondern der *physikalische Zustand das einzige* ist, was diese Gruppe vereint. *Kommen diesen Bädern gemeinsame Wirkungen zu, durch welche sie sich von anderen unterscheiden, dann können diese einzig und allein auf der gemeinsamen physikalischen oder physikalisch-chemischen Zustandsform beruhen*, was S. Loewe eigentlich als erster mit Entschiedenheit ausgesprochen hat.

Wie schon erwähnt, soll die Möglichkeit, daß einzelne Glieder dieser Gruppe chemisch wirksame Stoffe enthalten können, durchaus nicht bestritten werden. Dann aber ist dies eben eine *Eigentümlichkeit des betreffenden Gliedes* oder einer kleinen Untergruppe, *welche anderen Gliedern nicht zukommt, darf daher nicht auf die ganze Gruppe verallgemeinert* werden. *Für unsere Auffassung von den Peloiden als einheitliche zusammengehörige Gruppe erscheint es aber unerläßlich, derartige akzessorische Wirkungen von den typischen, welche grundsätzlich allen Gliedern zukommen müssen, streng auseinanderzuhalten.*

Über einige solche akzessorische Wirkungen habe ich in einigen früheren Arbeiten berichtet, und zwar über Eisen und Schwefel in Mineralmoorbädern. Weiterhin auch über die Wärmewirkungen der Moorbäder, welche für diese und

bis zu einem gewissen Grade für die Peloide ganz allgemein charakteristisch sind, wie wir später sehen werden. In Fortsetzung dieser Arbeiten will ich hier von der Fragestellung ausgehen: *Welche Eigenschaften sind es, die allen Peloiden zukommen und die Gruppe als solche kennzeichnen, und welche Bedeutung kommt diesen für die Badewirkungen zu?*

1. Die Konsistenz.

Das kennzeichnende Merkmal, welches *allen* Peloidbädern zukommt und diese vom Wasser und wässerigen Lösungen als den gewöhnlichen Bademedien grundsätzlich unterscheidet, *ist die breiige Konsistenz* dieser Medien, wenigstens in badefertigem Zustande. Hiervon muß ich also bei diesen Betrachtungen ausgehen.

Dieser schon äußerlich so in die Augen springende Unterschied mußte allen Beobachtern auffallen. Frühzeitig schon erkannte man dessen Bedeutung für das Wärmeverhalten (Jacob), dem der Schwerpunkt der Moorbadwirkungen zugeschrieben wird. Hierüber wird im nächsten Abschnitt zu berichten sein. Durch diese mittelbare Einwirkung auf den Körper kommt der Konsistenz bereits ein gesicherter Anteil an den Moorbadewirkungen zu, doch müssen wir auch an eine unmittelbare Einwirkung der dickbreiigen Masse denken. In älterer Zeit spielte diese Auffassung eine große Rolle (Cartellieri, Jacob, Peters), später gerät die Konsistenz als direkter Wirkungsfaktor infolge ihrer Verwechslung mit dem Druck (Valentiner, Glax) fast völlig in Vergessenheit. Aber ganz zu Unrecht! Rein mechanisch bestehen zwischen Wasser und solch einem dicken Brei derartige Unterschiede, daß es geradezu sonderbar wäre, wenn sich diese auf den Körper, zumal auf den kranken, nicht auswirken würden. Haben doch neuere Untersuchungen ergeben, daß schon das gewöhnliche „indifferente" Wasserbad mechanisch eben nicht indifferent ist, sondern deutliche Wirkungen besonders auf Atmung und Kreislauf auszuüben vermag (Gollwitzer-Meier und Mitarbeiter).

Wurde von Stark auf die Konsistenz ausdrücklich hingewiesen und diese vom Druck der Bademasse scharf abgegrenzt, so hat eigentlich erst S. Loewe die *Konsistenz als Klassencharakteristicum* hervorgehoben und *alle* Peloide zu einer zusammengehörigen Gruppe vereint, die er als *„Dispersoidbäder"* zusammenfaßte. Daraus ist wohl zu entnehmen, daß er in *diesem physikalishen Verhalten* das eigentliche *wirksame Prinzip* dieser Bäder erblickte.

Das *Wesen* dieses dispersen Systems wird dadurch gekennzeichnet, daß es sich *aus zwei* (oder mehreren) *Phasen zusammensetzt*: einer *flüssigen* (Wasser) und einer *festen*. Dementsprechend wird die Konsistenz dieses Systems zwischen jener dieser beiden Phasen, also zwischen dem festen und flüssigen Aggregatzustand liegen müssen. Dabei sind nach beiden Seiten hin fließende Übergänge möglich. Aus dieser möglichen Breite ist für Badezwecke eine bestimmte Zone brauchbar. Deren Abgrenzung soll eine der Aufgaben dieser Betrachtungen sein.

Die Eigenschaften des Systems werden nicht nur von dem Mengenverhältnis der beiden Phasen zueinander bestimmt, sondern weitgehend auch durch den *Verteilungsgrad*, d. h. die Größenordnung der festen Phase. Diese kann innerhalb äußerst weiter Grenzen schwanken, von der Größenordnung der Kolloide bis zu makroskopischen Teilchen. Nach dieser Teilchengröße unterteilen wir die

feste Phase in: Kolloide 0,001—0,1 μ, Ton 0,1—2 μ, Schluff 2—20 μ; grobe Dispersion: Mehlsand 20—200 μ, Sand 0,2—2 mm, Kies über 2 mm. Den Hauptanteil bilden bei den natürlichen zu Badezwecken gut geeigneten Peloiden die Fraktionen Ton, Schluff und Mehlsand. Die Kolloide spielen mengenmäßig in den in der Natur vorliegenden Schlammen immer nur eine untergeordnete Rolle. Die gröberen Anteile „Sand" und „Kies" finden sich sehr häufig, sind aber zu Badezwecken unerwünscht und machen in größeren Mengen das Material hierzu unbrauchbar.

Um ein einheitliches System zu bilden, müssen die beiden Phasen in bestimmte Beziehungen zueinander treten. Der feste Anteil hat die Fähigkeit, eine bestimmte Wassermenge in sich aufzunehmen und festzuhalten (Wasserkapazität).

Die *Konsistenz* der Bademasse hängt naturgemäß vom *Wassergehalt* des Breies ab. Nach Stockfisch und Benade ist diese bei mit Wasser voll gesättigten Breien für alle Peloide sehr ähnlich. So haben diese in Ermangelung einer genauen Definition der Konsistenz das Verhältnis $\frac{\text{Wassergehalt}}{\text{Wasserkapazität}}$ zur Festlegung einer bestimmten Konsistenz herangezogen. Als den normalen badefertigen Zustand haben Stockfisch und Benade in ihren ersten Veröffentlichungen über dieses Thema einen notwendigen Wassergehalt von 125% der Wasserkapazität — also einen mit Wasser leicht übersättigten Brei — angenommen, in neuerer Zeit einen Brei mit voller Wassersättigung (Benade). So läßt sich also der *Wassergehalt des Normalbades* und mit ihm dessen Konsistenz einigermaßen *aus physikalischen Größen heraus definieren*. Aus der Praxis wird hierdurch die gefühlsmäßige Einstellung der Konsistenz nicht verdrängt werden, zumal ja gerade das Quellungsvermögen und mit ihm die Wasserkapazität weiten Schwankungen unterworfen ist. So wird der Bademeister in einem Moorbad eben für jede neue Wagenladung oder neue Kesselfüllung eine andere Wassermenge brauchen, um ein Bad einer bestimmten Konsistenz herzustellen. Für die Forschung aber oder für den Vergleich verschiedener Materialien ist uns eine genaue Definition des badeförmigen Zustandes äußerst wertvoll, zumal Bäder aus verschiedenen Materialien mit gleichem Wassergehalt meist überhaupt nicht hergestellt werden können, weil dabei das eine eine feste, für Badezwecke völlig unbrauchbare Masse darstellt, das andere dagegen eine dünne Suppe, welche einem Wasserbad, aber keinem Peloidbad gleicht.

a) Wassergehalt und Stabilität.

In der Praxis entsprechen durchaus nicht alle Bäder diesem Normalbad, sondern weichen vielfach mehr oder weniger weit davon ab. Deshalb müssen wir mit einer gewissen *Breite* des badefertigen Zustandes rechnen, um so mehr, als an vielen Orten auch eine *Abstufung* in dünne, mittlere und dicke Bäder vorgenommen wird.

Während diese Bäder, auch die dünnen, dem Normalbad Benades nahestehen, stoßen wir aber gelegentlich auch auf Bereitungsvorschriften mit so geringen Mengen fester Substanz, daß von einer Ähnlichkeit mit dieser Definition gar keine Rede mehr ist und wir uns eine auch nur einigermaßen stabile Bindung gar nicht mehr vorstellen können. So beschreibt Velde Kreidebäder aus 2 kg Kreide auf 200 l Wasser. Läßt man eine solche Aufschwemmung in einem Glaszylinder

ruhig stehen, setzt sich die Hauptmenge der Kreide schon in den ersten 5 Minuten als dünner Bodensatz ab und in $^1/_2$ Stunde zeigt die überstehende Flüssigkeit nur noch eine schwache Trübung. Ähnliche Angaben finden wir bei verschiedenen Versandpräparaten und künstlichen Bädern, welche Moorbäder ersetzen sollen, in ihrer Zusammensetzung wie in ihrem Wirkungsmechanismus jedoch nichts mit diesen zu tun haben (Peyer). Derartige Suspensionen rechnen wir nicht zu unseren Peloidbädern (Benade, Vogt und Zörkendörfer), auch wenn die Grundsubstanz selbst ein richtiger Schlamm oder dergleichen ist, weil für uns der physikalische Zustand der fertigen Bademasse maßgebend sein muß.

Als Mindestforderung müssen wir die Stabilität der Bademasse wenigstens für die Badedauer fordern. (Auf die sonstigen Eigenschaften komme ich noch zurück.) Diese hängt besonders von der Größe und dem spezifischen Gewicht der festen Teilchen ab. Grobkörnige und spezifisch schwere Peloide werden rascher sedimentieren als leichte und feinkörnige. Deshalb wurde die Senkungsgeschwindigkeit mehrerer Peloide bei verschiedenem Wassergehalt untersucht. In Glaszylindern von etwa 250 ccm Inhalt, welche bis zu einer Schichthöhe von 25 cm gefüllt waren, wurde eine Stunde lang alle 5 Minuten die oben abgesetzte Wasserschicht gemessen. Dabei ging ich vom wassergesättigten Brei aus, welcher natürlich vollkommen stabil ist, und untersuchte Aufschwemmungen, deren Wassergehalt in rundem Verhältnis zur Wasserkapazität stand.

Die Wasserkapazität wurde nach Benade bestimmt, der Wassergehalt der vorher feuchten Peloide durch Trocknen bei 105°.

Zur Untersuchung wurden drei möglichst verschiedene Peloide herangezogen: Ein Moor aus Bad Warmbrunn, das „Peloran" als Beispiel eines Organismenschlammes (Benade) und als Vertreter der Mineralschlamme der zu einem feinen Pulver gemahlene und unter dem Namen „Posido" in den Handel gebrachte württembergische Posidonienschiefer.

Die Ergebnisse zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1. Senkungsgeschwindigkeit bei verschiedenem Wassergehalt.

	Wassergehalt in Proz. der Wasserkapazität													
	Moor Warmbrunn				Peloran					Posido				
	200	300	500	1000	200	300	400	500	1000	150	200	300	500	1000
	Senkung in Millimetern													
5 Minuten	—	—	—	60	—	—	3	9	80	—	—	3	15	35
10 „	—	—	1	100	—	—	5	16	120	—	—	6	26	65
15 „	—	—	—	120	—	1	6	23	140	—	1	11	38	93
20 „	—	—	2	130	—	—	7	34	147	—	—	18	49	114
25 „	1	3	10	140	—	—	9	40	152	—	—	22	61	132
30 „	—	—	12	143	—	2	10	48	157	—	—	26	72	147
35 „	—	4	14	146	—	—	12	54	158	—	—	31	84	159
40 „	—	—	—	148	—	—	15	60	160	—	2	38	95	166
45 „	—	5	15	150	—	3	20	67	163	—	—	45	107	168
50 „	—	—	16	151	—	—	25	72	164	—	—	54	114	170
55 „	—	—	—	153	—	—	30	76	165	—	—	61	117	171
60 „	2	6	17	154	—	4	34	79	166	1	3	70	118	173
Abgesetztes Wasser in Proz.	0,8	2,4	6,8	62	—	1,6	14	32	66	0,4	1,2	28	47	70
Stabilitätsgrenze	300%				300%					200%				

Die normale Höchstbadezeit — in welcher vielfach auch die Auskleidezeit inbegriffen sein muß — können wir mit einer Stunde bemessen. Deshalb wurde diese als Beobachtungsdauer gewählt. Betrachten wir als „*stabil*" einen Brei, welcher in dieser Zeit an seiner Oberfläche eine Wasserschicht von nur wenigen Millimetern absetzt, so finden wird diese Grenze bei einem Wassergehalt, welcher dem 2- bis 3fachen der Wasserkapazität entspricht.

Im großen geschieht die Abstufung der Bäder in der Regel nur nach dem Gefühl. Genaue Angaben über den Gehalt der verschieden dicken Bäder an Trockensubstanz vermißt man meist. Bei Stark finden sich solche für das Marienbader Moor, nach denen sich folgender Wassergehalt berechnen läßt:

dünn:	spez. Gew. 1,047—1,070	$\frac{\text{Wassergehalt}}{\text{Trockensubstanz}}$	1,84—3,0	Mittel	2,4
mittel:	„ „ 1,072—1,083	desgl.	1,047—1,74	„	1,6
dick:	„ „ 1,090—1,154	„	0,54—1,31	„	0,9

Sehen wir nach Benade das dicke Bad als wassergesättigten Brei an, so stehen diese Zahlen mit der hier ermittelten Stabilitätsgrenze in guter Übereinstimmung.

Ein Vergleich der verschiedenen Materialien in Tabelle 1 läßt erkennen, daß die Stabilität der übersättigten Aufschwemmungen beim Posido — und wohl überhaupt bei den Mineralschlämmen — am geringsten ist, daß jedoch auch diese bei entsprechend feiner Verteilung, wie sie beim Posido vorliegt, einer Wasserübersättigung zugänglich sind. Meist werden die Mineralschlämme praktisch nur zu Packungen verwendet. Doch wären sie, wie diese Ergebnisse zeigen, auch zu Wannenbädern durchaus geeignet. Allerdings läßt sich diese Schlußfolgerung nicht verallgemeinern, sondern gilt nur für die wirklich sehr feinkörnigen Mineralschlämme.

Bei weiterem Wasserzusatz über die ermittelte Stabilitätsgrenze hinaus scheidet sich schon innerhalb der Badezeit eine mehr oder minder hohe Wasserschicht ab. Nach einer Stunde hat die Masse unten einen Schlamm mit einem Wassergehalt von etwa dem 3fachen der Wasserkapazität und oben das überschüssige Wasser unter Umständen mit einer geringen Trübung abgesetzt. Bei einigermaßen homogenem Material wie dem Posido und Peloran ist die Grenze zwischen den beiden Schichten scharf und das überstehende Wasser klar. Bei Peloiden, welche sich aus verschieden groben Bestandteilen zusammensetzen (besonders Moor), können bei entsprechend dünnen Aufschwemmungen die groben Teile viel rascher sedimentieren als die feinen, so daß wir zwei oder mehrere Sedimantationsgrenzen beobachten können. Als maßgebend werden wir hier den quantitativ hervortretenden Hauptanteil heranziehen, welcher für die Konsistenz in erter Linie verantwortlich ist. Beim Moor ist dies die gröbere organische Hauptmasse. Der kolloidale Anteil beträgt nach Stockfisch und Benade nur wenige Prozente der Trockensubstanz. Dementsprechend und nach ihrem physikalischen Verhalten ist die obenstehende trübe Schicht als Flüssigkeit anzusprechen. Die Scheidung der beiden Schichten ist im Beginn der Beobachtungszeit oft noch sehr undeutlich, weshalb eine genaue Ablesung bei Aufschwemmungen, welche von der Grenze nicht allzu weit entfernt sind, erst nach einiger Zeit möglich ist. Hierdurch ist der scheinbare Sprung bei der Moorprobe 500% bei 25 Minuten bedingt. Andererseits werden bei einem in der Hauptmenge aus feinkörnigem Material mit einem geringen groben Anteil

(„Sand") die feinkörnigen Bestandteile als ausschlaggebend angesehen werden müssen.

Die Beobachtung der Senkungsgeschwindigkeit gibt uns ein Bild über die Stabilität der Bademasse. Eine Bademasse, welche sich schon während der Badezeit entmischt, können wir nicht unter unsere Peloidbäder rechnen. Die Stabilitätsgrenze liegt bei den zu Badezwecken gut geeigneten Peloiden im allgemeinen bei einem Wassergehalt vom 2- bis 3fachen der Wasserkapazität.

Doch ist mit der Stabilität der physikalische Zustand der Bademasse noch keineswegs genügend definiert. Die Stabilität ist nur die *erste Voraussetzung*, daß wir überhaupt von einem bestimmten physikalischen Zustand reden können, welcher wohldefinierte Grundlagen für physikalische Badewirkungen abgeben kann.

b) Zähigkeit und Druck.

Die *Konsistenz* der Peloidbäder kommt in der *Zähigkeit* (*Viscosität*) zum Ausdruck. Diese wurde vielfach mit dem *Druck* der Bademasse verwechselt (Valentiner, Glax, Peters u. a.), hat hiermit aber nichts zu tun (Stark). Die Meinungsverschiedenheiten über die Bedeutung einer *mechanischen Moorbadwirkung* sind häufig nur durch Verwechslung und unklare physikalische Vorstellungen bedingt. So wird besonders in der älteren Literatur die Zähigkeit als Druck oder Auftrieb gedeutet (Cartellieri, Lehmann, Glax). Bei den Moorbädern, welche als Wannenbäder in erster Linie in Verwendung stehen, liegt jedoch das spezifische Gewicht nur wenig über 1 (Cartellieri, Jacob, Peters, Helmkampff, Stark, Benade). Daher kann der Druck der Bademasse nur unbedeutend größer sein als der eines Wasserbades. Auf Grund dieser Überlegung betont Glax mit Recht, daß diesem geringen Unterschied keine Bedeutung beigemessen werden kann, lehnt aber deshalb – und hier liegt der Fehler – nicht nur die *Druckwirkung*, sondern auch eine *mechanische Badewirkung* überhaupt ab und will hiermit die von Lindemann beobachtete Einwirkung des Moorbades auf die Atmung widerlegen. Obwohl Stark diese Verwechslung aufgeklärt hat, scheinen bei vielen Autoren noch bis in die neueste Zeit unklare Vorstellungen hierüber zu herrschen, wenn sich auch aus dem Wortlaut oft nicht mit Sicherheit solche nachweisen lassen.

Die Zähigkeit setzt jeder Bewegung in der Bademasse einen Widerstand entgegen, welcher durch die Arbeit oder Kraft bestimmt werden kann, welche zu dessen Überwindung notwendig ist. Diese Arbeit bestimmte Stark mit einer modifizierten Atwoodschen Fallmaschine. Er fand sie für ein dünnes Moorbad 3,5mal, für ein mitteldickes 71mal und für ein dickes 356mal so groß wie für Wasser. Er nimmt daher an, daß diesem Widerstand eine entsprechende Bedeutung für die Badewirkungen zukommt. Auch in der badeärztlichen Praxis wird die Konsistenz der Moorbäder mit beachtet und vielfach in die Bäderordnung mit eingeschlossen, wenn auch nur in ganz grober Abstufung in dünn, mittel und dick. Die Einstellung dieser Bäder geschieht meist gefühlsmäßig. Zwar hat schon 1881 Kisch den ersten Apparat für eine „rationelle Verordnung von Moorbädern" angegeben. Ein ähnliches Instrument steht in Bad Nenndorf in Verwendung, dürfte aber auch nur eine sehr grobe Einstellung ermöglichen.

Gegenüber den Relativmessungen Starks verdienen Methoden, welche absolute Werte ergeben, entschieden den Vorzug. Von rein physikalischem

Standpunkt aus würde sich die Bestimmung der *Viscositätskonstanten* empfehlen. Diese sagt uns jedoch über die biologische Bedeutung der Viscosität sehr wenig aus, weil man aus ihr nur schwer ein Bild auf biologisch bekannte Größen rückschließen kann. Deshalb habe ich auf deren Bestimmung verzichtet und versucht, an Stelle der Viscosität eine Größe zu bestimmen, welche uns ein Bild über deren biologische Auswirkung vermittelt. Für den Körper bedeutet die Viscosität einen Widerstand gegen jede Bewegung im Bade. So will ich nach der Kraft fragen, welche zu dessen Überwindung aufgebracht werden muß. Diese muß mit der Geschwindigkeit, mit der die betreffende Bewegung ausgeführt werden soll, zunehmen. Die zu bestimmende Größe ist daher von vornherein keine absolut genaue, sondern eine variable. Daher muß ich mich damit begnügen, jenes erforderliche Minimum an Kraft zu messen, welches eben ausreicht, mit erkennbarer Geschwindigkeit den Ruhezustand zu durchbrechen und eine Bewegung auszulösen. Hierzu erschien mir mit kleinen Abänderungen die von Freund und Wachtel angegebene Apparatur geeignet: Über zwei Rollen, welche an einem horizontalen Stab angebracht sind, läuft ein Zwirnfaden, welcher links einen Senkkörper und rechts eine Waagschale trägt. Auf der rechten Seite ist ein Kupferdraht eingeschaltet, welcher durch eine Bohrung mit Klemmschraube läuft, wo er arretiert werden kann und beiderseits einen Anschlagring trägt. Die schwere Senkkugel Freunds erschien mir nicht zweckmäßig, weil die Rollenreibung mit zunehmender Belastung ansteigt, daher die Empfindlichkeit leidet. Insbesondere gilt dies für dünne Breie. Ich ersetzte sie durch dünne Metallscheiben von verschiedenem Durchmesser, je nach der Dicke des Breies. Durch Auflegen von Gewichten auf die Waagschale wurden diese Scheiben senkrecht zu ihrer Fläche gehoben und das kleinste Gewicht bestimmt, welches eben ausreichte, die Platte nach vorsichtiger Lockerung der Arretierschraube zu heben. Natürlich mußte jeder Versuch mehrmals wiederholt werden, um zu einem brauchbaren Mittelwert zu gelangen. Die Berechnung von absoluten Werten geschah folgendermaßen: Von jeder Platte wurde auf einer Waage das Gewicht und der Auftrieb in Wasser bestimmt. Nach dem spezifischen Gewicht des untersuchten Schlammes wurde das Gewicht der Scheibe in dem betreffenden Schlamm berechnet:

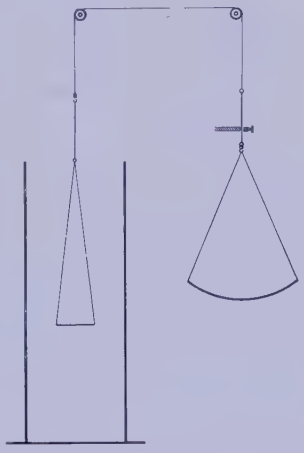


Abb. 1. Bestimmung des Reibungswiderstandes.

$$p_s = p - A_w \cdot s_s,$$

wobei p das Gewicht, p_s das Gewicht unter Schlamm, A_w den Auftrieb unter Wasser und s_s das spezifische Gewicht des Schlammes bedeutet. Dieses berechnete Gewicht p_s wurde von dem Gegengewicht abgezogen. In diesem Gegengewicht war natürlich auch das Gewicht der Waagschale und des Arretierdrahtes inbegriffen. So ergibt sich der Gesamtreibungswiderstand, von welchem als Korrektur die jeweils in einem Leerversuch bei gleicher Belastung der Waagschalenseite bestimmte Rollenreibung abgezogen wurde: $W = p_g - p_s - W_r$,

wobei W den Widerstand, p_g das Gegengewicht und W_r den auf gleiche Weise bestimmten Rollenwiderstand bedeutet. Durch Division durch den Flächeninhalt der Scheibe wurde der *Widerstand pro Quadratzentimeter* berechnet. Diese Größe ist zwar rein physikalisch mit der Viscosität nicht identisch, stellt aber eine Funktion der Viscosität dar. Ihr Vorteil vor der Viscositätskonstante besteht für unsere Zwecke darin, daß wir diese neue Größe mit einer Kraft — oder einem Druck — in Beziehung setzen können und deshalb scheint sie mir am besten geeignet, uns *eine reelle Vorstellung über die biologische Bedeutung dieses Widerstandes* zu geben.

Tabelle 2. Widerstand bei steigendem Wassergehalt.

Wassergehalt in Proz. der Wasserkapazität	Zur Überwindung des Widerstandes notwendige Kraft (g pro qcm)	
	Peloran	Poside
100	25	46
125	9	8
150	4,5	1,6
200	0,4	0,3
300	0,02	0,05

Den so ermittelten Widerstand innerhalb der oben mitgeteilten „stabilen Zone" zeigt Tabelle 2. Beim Warmbrunner Moor lagen die Werte in derselben Größenordnung. Infolge des hohen Gehaltes an langen Pflanzenfasern war das Material jedoch zu inhomogen, als daß einigermaßen genaue Mittelwerte bestimmt werden könnten.

Diese Werte bestätigen die Angaben von Stockfisch und Benade, daß die Viscosität bei voller Wassersättigung für verschiedenartige Peloide sehr ähnlich ist. Sie zeigen weiter, daß auch bei anderem Wassergehalt eine weitgehende Abhängigkeit von dem Quotienten $\frac{\text{Wassergehalt}}{\text{Wasserkapazität}}$ besteht. Mit zunehmendem Wassergehalt nimmt der Reibungswiderstand zunächst sehr rasch ab, um erst später, bei Annäherung an die Wasserwerte in eine flachere, schließlich asymptotische Kurve überzugehen. Bei einem Wassergehalt von 200—300% der Wasserkapazität ist der Reibungswiderstand bereits sehr klein. Wenn ihm in den Peloidbädern eine medizinische Bedeutung zukommt, ist dieser Wirkungsfaktor bei so dünnen Bädern praktisch völlig ausgeschaltet. Von diesem Gesichtspunkt aus müssen wir die Grenze wesentlich höher, etwa bei 125—150% der Wasserkapazität ziehen. Wir können diesen Faktor der Badewirkung also nicht nur abstufen, sondern auch praktisch vollkommen ausschalten.

Die Zähigkeit ist es, welche feste Körper und Flüssigkeiten voneinander scheidet. Die Schwerkraft oder der hydrostatische Druck, welcher die Einzelteilchen der Flüssigkeit an den tiefsten Punkt im Raum zieht und so das Fließen der Masse bewirkt, würde auch feste Körper in genau derselben Weise beeinflussen, wenn ihm nicht der Reibungswiderstand entgegenstünde. Oben haben wir gesehen, daß zu dessen Überwindung ein ganz bestimmter Druck notwendig ist. Da nun der hydrostatische Druck proportional der Schichthöhe zunimmt, während der Reibungswiderstand in allen Schichten praktisch gleich ist, muß der Punkt, an welchem der hydrostatische Druck den Reibungswiderstand eben überwindet, nicht nur von den physikalischen Eigenschaften der Substanz, sondern auch von der Schichttiefe abhängen. Gerade bei Übergangsformen zwischen den beiden Aggregatzuständen muß sich dieser bemerkbar machen. Während kleine Mengen, welche diese Tiefe nicht erreichen, eine plastische formbare Masse bilden, verhält sich derselbe Stoff in größerer Tiefe als Flüssig-

keit. Die Grenze ist natürlich keine scharfe. Die oben ermittelten Zahlen für den Druck, welcher zur Überwindung des Reibungswiderstandes ausreicht, gibt uns ein Bild über deren annähernde Lage[1]. Als Dimension kommt für unsere Zwecke nur die der Badewanne in Betracht, also eine Schichthöhe von etwa 50 cm. Für diese Schichthöhe verhalten sich unsere Badebreie als Ganzes betrachtet stets als Flüssigkeiten, doch kommen dicke Breie der Grenze schon nahe. Wenn ein Bademedium einigermaßen die Eigenschaften einer Flüssigkeit besitzen muß, so geht aus diesen Betrachtungen hervor, daß der wassergesättigte Brei nicht nur annähernd die *normale*, sondern zugleich etwa die *obere Grenze* der *Badekonsistenz* darstellt. Dies gilt nicht für Packungen, zu solchen sind dickere Breie erforderlich.

Noch viel wichtiger aber erscheint es mir, die Kraft, welche zur Überwindung der Reibung notwendig ist, zu den Kräften des Körpers in Beziehung zu setzen, vor allem zu denen der Atemmuskulatur, deren Tätigkeit ja unter allen Umständen auch im Bade aufrechterhalten werden muß. Für den hydrostatischen Wasserdruck fand Schott die erträgliche Grenze bei horizontaler Rückenlage mit einer Wassersäule von 35 cm über dem Sternum, wenn wir noch die Hälfte der Thoraxtiefe hinzuzählen, einem Druck von höchstens 50 g pro Quadratzentimeter. Eine Wassertiefe von 1 m gibt Stigler als unerträglich an. Vergleichen wir diese Werte mit den oben ermittelten Zahlen, so kommen wir beim Peloran bei voller Wassersättigung dieser Grenze Schotts schon sehr nahe, während sie beim wassergesättigten Posido bereits etwas überschritten wird. So kommen wir auch bei dieser Betrachtungsweise zu derselben oberen Grenze[1]. Bei geringer Wasserkapazität kann diese sogar schon etwas zu hoch gegriffen sein.

Wenn wir so den badefertigen Zustand nach beiden Seiten abgegrenzt haben, geben uns die in Tabelle 2 mitgeteilten Werte einen Überblick über die Größe der überhaupt in Betracht kommenden Reibungswiderstände. Gerade die Betrachtungen über die obere Grenze führt uns aber auch klar vor Augen, daß es sich hierbei um einen ganz beträchtlichen Widerstand handelt, den wir nicht unterschätzen dürfen. Mit zunehmendem Wassergehalt nimmt dieser Widerstand allerdings sehr rasch ab, was auch mit den von Stark mitgeteilten Zahlen in gutem Einklang steht. Da gerade die Viscosität es ist, welche feste Körper und Flüssigkeiten voneinander scheidet, erscheint es uns sehr verständlich, daß die Kurve in diesem halbflüssigen Übergangszustand sehr steil verlaufen muß, um den ungeheuren Unterschied zwischen fest und flüssig zu überbrücken. Daraus geht aber weiterhin hervor, daß die ganz dünnen Aufschwemmungen sich physikalisch ganz anders verhalten als die dicken Breie und mehr den Flüssigkeiten zugezählt werden müssen. Wenn wird der Zähigkeit mechanische Wirkungen zuschreiben, gehen diese solch dünnen Aufschwemmungen bestimmt ab und wir müssen die untere Grenze hierfür viel höher ziehen als an der Stabilitätsgrenze, etwa bei 150 % der Wasserkapazität.

Bei diesen Betrachtungen über den Reibungswiderstand sind wir bereits dem

[1] Bei der hier betrachteten Fließgrenze wie bei der Atmung ist allerdings zu berücksichtigen, daß die oben gemessenen Werte für eine zweiseitig begrenzte Platte gelten, während hier nur der Widerstand gegen eine Fläche zum Ausdruck kommt. Dadurch erfahren die absoluten Werte eine kleine Verschiebung. Die Größenordnung aber, auf die es uns hier vor allem ankommt, bleibt dieselbe.

Druck der Bademasse begegnet und haben Beziehungen zu diesen gefunden. Auch bei physikalischen Wirkungen werden diese beiden Größen manchmal in Beziehung zueinander treten, so daß wir uns hier auch mit diesem Druck beschäftigen müssen. Die Ähnlichkeit dieser beiden ergibt sich schon daraus, daß wir sie beide mit demselben Maßstab — Gramm pro Quadratzentimeter — messen können. Daß diese Ähnlichkeit vielfach zu Verwechslungen Anlaß gegeben hat, wurde oben schon ausgeführt. Ihr Unterschied beruht hauptsächlich in zwei Punkten: 1. Herrscht der Druck ständig, während der Reibungswiderstand in einem ruhenden System zwar vorhanden ist, aber nicht zum Ausdruck kommt. Erst beim Versuch einer Bewegung stoßen wir auf diesen Widerstand. 2. Hat der Druck eine bestimmte, von vornherein gegebene Richtung. Der Reibungswiderstand dagegen wird stets jeder Bewegung entgegenwirken, d. h. seine Richtung ist nicht von vornherein bestimmt, sondern ergibt sich aus der Richtung der von außen in das System hineingebrachten Bewegung.

Der Druck ist nichts an sich für Peloidbäder Spezifisches. Er ergibt sich aus der Höhe der Bademasse und dem spezifischen Gewicht. Es wurde oben schon erwähnt, daß das spezifische Gewicht vieler Peloide vom Wasser nicht wesentlich verschieden ist. Durch ein hohes spezifisches Gewicht zeichnen sich nach Stockfisch und Benade die Mineralschlämme mit ihrer relativ schweren Grundsubstanz und geringen Wasserkapazität aus. Als Maximum nennen sie 1,8. Je höher die Wasserkapazität, desto mehr wird sich das spezifische Gewicht dem des Wassers nähern, um so mehr, als auch die Grundsubstanz der hydrophilen Peloide meist reich an relativ leichten organischen Stoffen ist (Benade, Souci u. a.). Daraus darf aber durchaus nicht geschlossen werden, daß es bei diesen Bädern zu keiner Druckwirkung käme. Nur ist diese keine für Peloidbäder spezifische, sondern eine *allgemeine Badewirkung*, welche *auch dem Wasserbad* zukommt. Geringfügigen Unterschieden im spezifischen Gewicht können wir keine Bedeutung beimessen (Glax, Stark u. a.). Nur in den Fällen, wo das spezifische Gewicht wirklich wesentlich über 1 liegt, muß es zu einer entsprechenden graduellen Steigerung dieser Wirkung kommen.

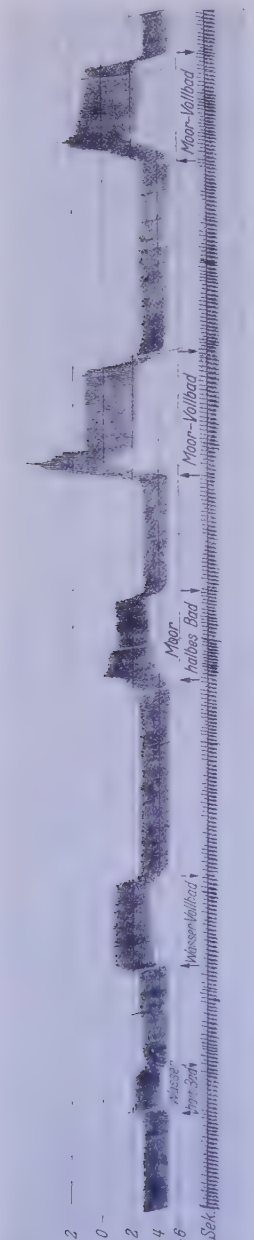
Die Bedeutung des hydrostatischen Druckes im Bade ist lange Zeit unbeachtet geblieben. Stigler hat darauf hingewiesen, daß dieser Druck nicht nur auf der Körperoberfläche lastet, sondern sich in die Tiefe bis auf den Knochen fortpflanzt. Durch die Elastizität der Gewebe wird er wohl abgeschwächt, nach Bock sollen sich rund 80% des hydrostatischen Druckes als hydromechanischer Bädereffekt in die Tiefe hinein fortpflanzen. Aber auch auf die Körperhöhlen wirkt er sich aus, so daß sowohl der intraabdominale, wie der intrathorakale Druck im Bade ansteigt (Schott, Bock, Krüger und Budelmann). Diese Druckveränderungen müssen sich natürlich auf Atmung und Kreislauf auswirken, was besonders Gollwitzer-Meier eingehend erörtert hat. Für den Kreislauf ist die Einwirkung über den Venendruck auf den venösen Rückfluß zum Herzen und somit auf die Anfangsspannung von Bedeutung. Bei der Atmung kommt es zu einer starken Senkung der respiratorischen Mittellage, wobei die Reserveluft fast vollständig ausgepreßt wird (Sarre). Nach diesen Arbeiten müssen wir heute eine rein mechanische Einwirkung des Bades auf Kreislauf und Atmung als erwiesen ansehen, wenn sie an Bedeutung auch hinter den thermischen Wirkungen zurücksteht.

Wenn schon das indifferente *Wasserbad* mechanische Wirkungen auszulösen vermag, muß dieses mutatis mutandis auch für die *Peloidbäder* zutreffen. Es fragt sich nur, inwieweit es hier zu einer Steigerung oder Veränderung dieser allgemeinen Bäderwirkungen kommt.

Wenn eine Erhöhung der Wassersäule zur Steigerung dieser Wirkungen führt (Schott, Bock), muß eine entsprechende Zunahme des spezifischen Gewichts dasselbe tun. Anders die Viscosität. Sie setzt jeder Bewegung in der Bademasse einen Widerstand entgegen, welcher sich beim Einsteigen in die Wanne darin äußert, daß der Körper nur langsam in die Masse einsinkt, was in früheren Zeiten vielfach als „Auftrieb" gedeutet wurde. So finden sich sogar Angaben, daß man den Patienten mit Bleikugeln beschweren muß, um ihn in das Bad hineinzudrücken (s. Müller). Hat der Patient aber einmal den Boden der Wanne erreicht, ist dieser angebliche Auftrieb verschwunden (Stark), da es sich in Wirklichkeit nur um den Reibungswiderstand handelt, welcher im Ruhezustand nicht in Erscheinung tritt. Solange absolute Ruhe in dem System herrscht, kann es zu irgendwelchen dynamischen Wirkungen überhaupt nicht kommen. Behauptungen eines besonderen Druckes dieser zähen Masse auf Gefäße u. a. wie von Analogien zur Massage (Peters, Kisch) entbehren jeder reellen Grundlage. Die einzige Wirkung ist die einer weitgehenden Ruhigstellung, was für erkrankte Gelenke von einer gewissen Bedeutung sein kann. Auf diese Ruhigstellung ist wohl auch die Senkung des Grundumsatzes im Moorbad (Bartelmann) zurückzuführen. Anders, wenn sich der Körper bewegt. Dann kann dieser Widerstand geradezu als eine Art Widerstandsgymnastik ausgenützt werden. Bei ausgiebigen Bewegungen kommt es zu *lokalen* Druckveränderungen auf begrenzte Hautbezirke, welche sich weiter auf die lokalen Durchblutungsverhältnisse auswirken können. In dieser Beziehung könnte von einer Analogie zur Massage gesprochen werden — ob so ausgiebige Bewegungen im Moorbad in Betracht kommen, mag dahingestellt sein —, nicht aber beim ruhenden Bad (Peters, Kisch). Wenn wir bei Bewegungen im Moorbad von lokalen Druckveränderungen sprechen, müssen diese durchaus nicht immer positiv sein, sondern je nach Bewegungsrichtung auch negativ. Eigenartig ist der Vorschlag Cramers, diesen negativen Druck zur „Saugmassage" im Bad auszunützen.

Wenn nach dem Gesagten zum Zustandekommen bestimmter Wirkungen des Reibungswiderstandes eine *Bewegung* des Körpers Vorbedingung ist, gewinnt die Frage besondere Bedeutung, inwieweit die lebensnotwendigen *Atembewegungen* in diesen Bädern beeinflußt werden. Schon Lindemann hat im Moorbad eine stärkere Abnahme der Lungenkapazität beschrieben als im Wasserbad. Jassinowski fand die Vitalkapazität *nach* dem Schlammbad erhöht, vielleicht ist dies ein kompensatorischer Gegenausschlag. Während des Bades hat er die Werte leider nicht bestimmt. Zahlreiche Autoren erwähnen eine anfängliche Atembeklemmung, Beschleunigung der Atmung und eine kahnförmige Einziehung des Abdomens (Helmkampf, Kisch, Flechsig, Stark). Nach diesen Angaben scheint den Peloidbädern außer dem hydrostatischen Druck der Bademasse doch noch eine spezifische Einwirkung auf die Atmung zuzukommen. Da wir die wirksamen Agenzien in Druck und Widerstand erblicken müssen, soll hier untersucht werden, wie sich diese auf den *intrathorakalen Druck* auswirken.

In dem Bestreben, Versuche an höheren Tieren auf das Notwendigste einzuschränken und womöglich mit kleinen Tieren auszukommen, wurden die Verhältnisse an der weißen Ratte studiert. In Urethannarkose wurden die Tiere auf ein Korkbrettchen fixiert, welches an einem Stativ so befestigt war, daß das Tier durch Heben des darunter angebrachten Badegefäßes mit einem Zahntrieb ohne Lageveränderung in das Bad getaucht werden konnte. Auf diese Weise konnten die Bäder beliebig wiederholt oder ausgewechselt werden, ohne die Registrierung zu stören. Die Pleura wurde mit einer kleinen JACKSON-Kanüle punktiert und der Druck mit einer MAREJ-Kapsel geschrieben. Die Kurve wurde vorher geeicht, dann der Druck in dem Registriersystem auf den etwa zu erwartenden negativen Wert gebracht und die Verbindung zum Eichmanometer abgeklemmt. Alle Schlauchverbindungen wurden der Kleinheit des Objekts entsprechend möglichst kurz und eng gehalten. Gewiß werden dennoch die Werte durch die eingeschlossene Luft etwas verändert werden. Auf absolute Zahlen kommt es hier aber gar nicht an, sondern nur auf untereinander vergleichbare Ausschläge. Und solche werden auf diese Weise einwandfrei erhalten.



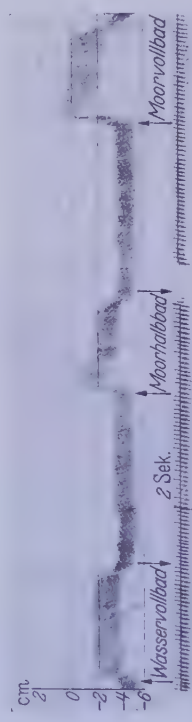


Abb. 2. Einfluß des Moorbades (Muskau) auf den intrathorakalen Druck (Ratte).

Als Peloide verwandte ich hierzu Moorbrei aus Muskauer und aus Warmbrunner Moor und als Vertreter der Organismenschlamme das Peloran. Mineralschlamme habe ich zunächst absichtlich nicht herangezogen, weil es uns hier ja auf die spezifische Einwirkung der Konsistenz des Bademediums ankommt, eine Erhöhung des Druckes der Bademasse deshalb vermieden werden mußte. Das spezifische Gewicht des Peloran wurde durch Auswiegen eines 100 ccm-Kölbchens bei einem Wassergehalt von 125% der Wasserkapazität zu 1,010 bestimmt, das des Muskauer Moores gibt BENADE bei voller Wassersättigung mit 1,03—1,05 an, das des Warmbrunner mit 1,0. Solche Abweichungen vom Wasser sind sicherlich belanglos, sie würden nur einer Erhöhung der Wassersäule um Millimeter bedeuten. Die Bademedien wurden vorher stets im Thermostaten auf etwa 38°, also eine möglichst

indifferente Temperatur, angewärmt. Die Konsistenz wurde möglichst der normalen Badekonsistenz angepaßt, so wählte ich nach den oben ausgeführten Darlegungen 100—125% der Wasserkapazität. Mit voller Wassersättigung — der Badkonsistenz Benades habe ich nur 2 Versuche ausgeführt, welche beide zu einem sofortigen irreparablen Atemstillstand führten. Deshalb habe ich mich weiterhin auf die nächst dünnere Stufe von 125% der Wasserkapazität beschränkt.

Zum Vergleich wurden stets am selben Tier Wasserbäder mit gleicher Schichttiefe angewandt und die Konstanz der Ausschläge durch mehrmalige Wiederholung kontrolliert.

Die Versuche zeigen sämtlich *im Moor- bzw. Schlammbad einen wesentlich höheren Druckanstieg als im Wasserbad.* Schon das Moor-Halbbad, welches nur bis zum unteren Sternalende reichte, hatte bereits etwa dieselbe Wirkung wie ein Wasser-Vollbad bis zur Axilla. Als Beispiel sei eine solche Kurve hier wiedergegeben (Abb. 2). Manchmal, jedoch nicht immer, kam es zu einer Steigerung der Atemfrequenz, wie sie auch beim Menschen mehrfach beobachtet worden ist (Kisch, Stark), doch kann es auch zur Herabsetzung kommen (Fellner).

Wie kommt diese Wirkung nun zustande? Nach dem Vergleich der Schlamm- und Wasserbäder sieht es ganz so aus, als ob das Schlamm- bzw. Moorbad einen höheren Druck entfalten würde als das Wasserbad. Nach dem spezifischen Gewicht ist dies jedoch ausgeschlossen. Gerade deshalb wurden ja solche Peloide gewählt, wo dieses gegenüber dem Wasserbad nicht ins Gewicht fällt. Vor allem unterscheiden sich diese beiden Bademedien voneinander durch den Reibungswiderstand. Dieser allein macht uns die Kurve aber auch nicht verständlich. Denn er wirkt der Einatmung und der Ausatmung in gleicher Weise und gleicher Stärke entgegen. Warum sollte er dann zu einer Verschiebung der Mittellage führen? Vielmehr müßte er in erster Linie die Geschwindigkeit der Bewegung herabsetzen und zweitens die Exkursionsbreite. Eine derartige Atmung wird aber den Bedürfnissen des Organismus nicht mehr gerecht. Es müssen deshalb die Regulationsmechanismen eingreifen und ihrerseits wieder die Atemtätigkeit verändern. Wir dürfen also nicht nur die äußeren Faktoren betrachten, sondern auch die Reaktion des Körpers auf diese. Hierdurch werden die Verhältnisse weniger übersichtlich.

Wird die Atmung durch äußere Widerstände behindert, so muß es Aufgabe der Regulation sein, sie wieder der Norm zu nähern, was nur durch einen vermehrten Kraftaufwand möglich ist. Kann nun schon hierdurch allein die Verschiebung der Mittellage erklärt werden?

Nun ist die normale Tätigkeit der Atemmuskulatur eine vorwiegend — wenn nicht rein — inspiratorische, während die Exspiration vor allem durch die Elastizität des Thorax zustande kommt. Eine reine Verstärkung dieser normalen Atemtätigkeit würde eine Verstärkung der Inspiration bedeuten, während sich die Elastizität nicht steigern läßt und müßte daher zum Gegenteil dessen führen, was wir im Bade finden, zu einer Verschiebung nach der Inspirationsstellung hin (Emphysemstellung). Eine Umkehr ist aber denkbar, wenn die Hilfsmuskulatur einsetzt. Dann kann je nach Innervationsstärke der Inspirations- und Exspirationsmuskulatur die Mittellage beliebig verschoben werden. Bei maximaler

Innervation wird das Kräfteverhältnis der beiden antagonistischen Muskelgruppen maßgebend sein.

Die Beobachtung, daß im Moorbad eine kahnförmige Einziehung des Abdomens zustande kommt, was besonders bei älteren Autoren (Kisch, Stark u. a.) immer wieder erwähnt wird, spricht meiner Meinung für eine ausgiebige Betätigung dieser exspiratorischen Hilfsmuskulatur. Die Erklärung Starks, welcher diese Einziehung auf Unfähigkeit der Inspirationsmuskulatur, den hohen Widerstand zu überwinden, zurückführt, trifft sicherlich nicht zu, denn die Atmung geht ja ungehindert weiter, ob nun abdominal oder thorakal. Auch am intrathorakalen Druck gibt sich dieses Verhalten zu erkennen. Bei raschem Einsenken in das Bad fällt unter Umständen eine Inspiration ganz aus und 2 Exspirationsbewegungen schließen sich unmittelbar aneinander (Abb. 3). Dann aber kommt die Atemtätigkeit ohne Anzeichen einer Muskelschwäche wieder in Gang, trotzdem der Wider-

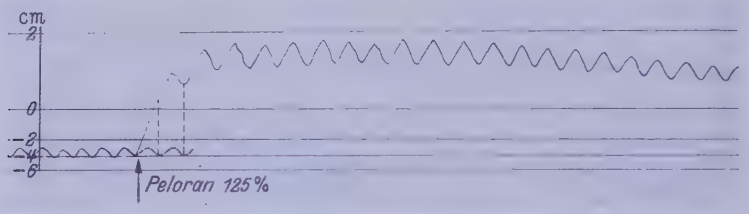


Abb. 3. Ausfall einer Inspiration.

stand ja unverändert fortbesteht. Die Ursache des Ausfalls der einen Inspiration darf daher nicht in einer Muskelschwäche gesucht werden. Ob die Atmung nun in diesem Falle eine abdominale oder thorakale war, ist hierbei gleichgültig. In beiden Fällen handelt es sich wohl um andere Muskelgruppen, aber um grundsätzlich dieselbe Veränderung des Atemtyps, also wohl auch denselben Mechanismus. So stellt die klinisch beobachtete Einziehung des Abdomens einen Teil der hier besprochenen Wirkung auf die Atemtätigkeit dar. Genau dasselbe kann sich wahrscheinlich auch am Thorax abspielen.

Wenn die Atmung gegen den Widerstand des Bademediums nicht unmöglich ist, die Inspiration aber erst allmählich wieder in Gang kommt, müssen wir uns fragen, ob diese Veränderung etwa im Sinne der Ökonomie der Atmung gelegen ist? Diese Frage ist am einfachsten für die Zwerchfellatmung zu beantworten, und hier wohl auch am wichtigsten, weil das Zwerchfell für die Spannungsverhältnisse in erster Linie verantwortlich ist. Nun ist die Spannung des Faserelements des Zwerchfells proportional seinem Krümmungsradius und dem aufzubringenden Druck, also $s = p \cdot r$ (Eichler und Klein). Soll das Zwerchfell nun eine erhöhte Druckleistung (p) aufbringen, so wird dies um so leichter möglich sein (d. h. mit um so geringerem s), je kleiner r ist, d. h. je stärker das Zwerchfell in den Thoraxraum hinein gewölbt ist. Demnach wird die Inspiration wenigstens für die Zwerchfellatmung durch die Herabsetzung der Mittellage erleichtert. Für die Exspiration ist in diesem Falle die Mitwirkung der Bauchmuskulatur unerläßlich, zumal der Elastizität des Thorax der Reibungswiderstand des Bademediums entgegensteht. Aber selbst wenn dieser nicht wäre, könnte der intrathorakale Druck nicht höher ansteigen als in der Norm, wenn nicht irgendwelche

Kräfte von außen (z. B. Bauchpresse) hinzukämen, welche erst die Verschiebung der Mittellage und die Atmung um diese neue Mittellage herum ermöglichen. Der deutliche Ausschlag, den schon das Moorhalbbad bewirkt (Abb. 2 spricht dafür, daß bei dieser Wirkung der Peloidbäder gerade der Zwerchfellatmung eine Hauptrolle zukommt.

Bei der Frage, ob sich äußere Faktoren des Bades unmittelbar auf die mechanischen Verhältnisse im Inneren des Organismus auswirken können, kommen im Peloidbad besonders 2 Größen in Betracht, der hydrostatische Druck und die Viscosität.

Für den hydrostatischen Druck ist eine unmittelbare Fortpflanzung ins Innere des Körpers (Bock) ohne weiteres verständlich. Wie bereits ausgeführt,

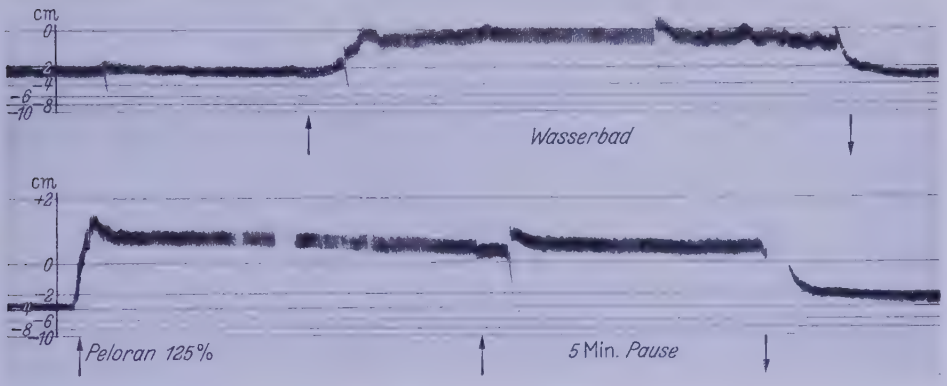


Abb. 4. Intrathorakaldruck im Bad bei längerer Versuchsdauer.

kommt auch schon im Wasserbad, in welchem nur der hydrostatische Druck wirksam ist, eine Steigerung des intrathorakalen und intraabdominalen Drucks zustande. Mit dieser Komponente müssen wir im Moorbad ebenso rechnen. Als für diese Bäder eigentümliche Größe kommt hier noch die Viscosität hinzu. Sie stellt einen Widerstand dar, der bei Bewegungen nach jeder Richtung hin überwunden werden muß. Bei der Inspiration ist demnach eine erhöhte Druckleistung der Inspirationsmuskulatur notwendig. Bleiben wir wieder beim Beispiel der Zwerchfellatmung: Hier wird die Anspannung der Muskelfasern zunächst eine Erhöhung des Abdominaldrucks zur Folge haben. Erst wenn dieser eine bestimmte Höhe erreicht hat, beginnen die Bauchdecken sich gegen den Widerstand der Bademasse vorzuwölben. Diese notwendige Erhöhung des Abdominaldrucks bestimmt die notwendige Mehrleistung des Zwerchfells. Über die Größe dieses Drucks geben uns die oben bestimmten Zahlen einen Anhaltspunkt. Diese Mehrbelastung der Inspirationsmuskulatur kommt zu der durch den hydrostatischen Druck bedingten noch hinzu. Die Gesamtbelastung der Inspiration ist also größer als im Wasserbad. Andererseits ist sie auch größer als die Belastung der Exspiration, da diese durch den hydrostatischen Druck ja nicht behindert, sondern im Gegenteil gefördert wird. Durch die verschiedene Belastung der Atemmuskulatur im Wasserbad und im Moorbad erscheint es verständlich, daß der Körper mit verschieden starker Reaktion darauf antwortet.

Beim Einsenken in ein Moor- oder Schlammbad zeigt sich oft anfangs ein extremer Anstieg des intrathorakalen Druckes, welcher dann aber rasch auf einen mäßigeren Wert abfällt. Dies müssen wir auf Eingreifen des Atemzentrums zurückführen. Wenn sich so eine Tendenz zum Absinken zeigt, ist die Wirkung doch keine vorübergehende, sondern sie stellt sich nun auf ein einigermaßen konstantes Niveau ein, welches auch bei längerer Badedauer erhalten bleibt (Abb. 4) und wesentlich höher liegt als bei gewöhnlichen Wasserbädern. Auch Spontanbewegungen führen immer wieder zu einem neuen Druckanstieg, welcher im Moorbad viel länger bestehen bleibt, als außerhalb des Bades oder auch im Wasserbad. Dieses stabilisierende Verhalten ist durch die hohe Viscosität ohne weiteres erklärlich, weil sie den Körper in einer einmal angenommenen Lage, auch einer unnatürlichen, festzuhalten bestrebt ist.

2. Das Wärmeverhalten.

Von den physikalischen Eigenschaften der Peloidbäder wird wohl allgemein das Wärmeverhalten therapeutisch am höchsten gewertet. Schon Cartellieri fand, daß ein Moorbrei sich viel langsamer erwärmen läßt als Wasser, diese Wärme aber viel länger beibehält, was von zahlreichen Autoren immer wieder bestätigt wurde (Stark, Lübben, Schade, Lendel, Benade u. v. a. m.), und Jacob erkannte den Zusammenhang dieses Wärmeverhaltens mit der Natur der breiförmigen Bademasse. Im Wasser wird der Wärmetransport zwischen Haut und Außenwelt hauptsächlich durch Strömungen besorgt, welche durch die Erwärmung und Abkühlung der Grenzflächen und die dadurch bedingten Unterschiede im spezifischen Gewicht hervorgerufen und unterhalten werden.

„Wäre diese Strömung nicht," sagt Jacob, „so würde zunächst die umgebende Wasserschicht mit der Haut ihre Temperatur langsam ausgleichen; die entfernten Wasserschichten würden ebenso langsam den Verlust oder Gewinn an Wärme zugeleitet erhalten und es würde sehr bald nach annähernder Ausgleichung der Temperatur der Berührungsfläche von Haut und Wasser um den Körper eine Art Isolierschicht sich bilden, welche denselben vor starker Erhitzung und Abkühlung schützen müßte. Was beim Wasser als wünschenswerte Möglichkeit eben ausgesprochen wurde, ist in Wirklichkeit dem Moor eigentümlich."

Was das Zustandekommen von Wärmeströmungen hier verhindert, ist der hohe Reibungswiderstand der breiigen Bademasse. Durch diesen kausalen Zusammenhang mit der Konsistenz rückt das Wärmeverhalten mit in die Reihe derjenigen Eigenschaften, welche grundsätzlich der ganzen Klasse gemeinsam sein müssen. Deshalb muß es auch in diesem Rahmen mitbesprochen werden.

Die Wärme stellt eines der wichtigsten Agenzien der physikalischen Therapie dar. Auch an den Erfolgen der Badewirkungen wird ihr ein großer Anteil zugeschrieben. Bei der Wärmetherapie ist es aber durchaus nicht gleichgültig, an welcher Stelle und in welcher Form wir sie anwenden. Der Unterschied zwischen feuchter und trockener Wärme ist dem Praktiker allgemein geläufig. Aber dies ist nicht das einzige. Jedenfalls müssen wir uns darüber im klaren sein, daß die *Temperatur*, welche wir anwenden, *nicht* das allein Ausschlaggebende für die Wärmewirkung ist. Neben ihr spielen noch andere Faktoren eine wichtige Rolle, welche teils *in der Natur des Wärmeträgers* gelegen sind, zum anderen Teil *in physiologischen Vorgängen* (Wärmeregulation).

Das Wärmeverhalten eines bestimmten Stoffes, den wir als Wärmeträger verwenden wollen, setzt sich nun aus verschiedenen *Einzelfaktoren* zusammen. Zunächst müssen wir scharf unterscheiden zwischen Größen, welche den *Wärmegehalt* zum Ausdruck bringen (Temperatur, spezifische Wärme) und solchen, die mit dem *Wärmetransport* in Zusammenhang stehen.

Diese beiden Gruppen sind ihrem Wesen nach derart verschieden, daß wir sie nicht addieren oder sonstwie zu einer Größe vereinigen können. Wenn wir unter *Wärmeverhalten* eines Stoffes alle Faktoren zusammenfassen, welche irgendwie mit der Wärme in Beziehung stehen, so ist *Wärmeverhalten ein Sammelbegriff, aber keine definierbare Größe.* Andererseits interessieren uns bei medizinischer Betrachtungsweise die *Einzelkomponenten weniger, als deren Zusammenwirken,* wir brauchen daher eine Größe, welche uns hierüber Auskunft gibt. Da wir die Einzelglieder der beiden Gruppen nicht zusammenziehen können, wohl aber die Faktoren des Wärmeausgleiches, habe ich in einer früheren Arbeit vorgeschlagen, diese unter dem Namen *Wärmeausgleichsvermögen* zusammenzufassen. So erhalten wir eine *für die Substanz jedes Wärmeträgers charakteristische Konstante — die Summe von Wärmeleitung + Wärmestrahlung + Wärmekonvektion.*

Die Temperatur bleibt hierbei außer acht. Diese werden wir auch immer gesondert betrachten müssen, weil sie gegenüber dieser Konstanten die variable Größe darstellt, in deren Veränderung bei gegebenem Wärmeträger die Dosierung der Wärme liegt. Wenn Kionka auf die Wärmekapazität Wert legt und diese aus der Abkühlungskurve direkt ablesen will, kann ich dem nicht beipflichten. Für die Wärmewirkungen kommt dieser keinerlei Bedeutung zu und auch in der Kurve gibt sie sich nicht zu erkennen, es sei denn, Kionka versteht unter Wärmekapazität etwas anderes als der Physiker (Wärmekapazität = spezifische Wärme × spezifisches Gewicht). In rechnerischer Beziehung dagegen kommt der Wärmekapazität oder spezifischen Wärme insofern eine Bedeutung zu, als wir den Wärmeinhalt und dessen Änderungen nicht unmittelbar messen, sondern statt dessen Temperaturänderungen. Maßgebend ist aber nicht diese Abkühlung des Bademediums, sondern die Wärmemenge, welche an den Körper abgegeben wird. Die Kenntnis der Wärmekapazität gibt uns die Möglichkeit, aus den Temperaturveränderungen die Veränderungen des Wärmegehalts zu berechnen. Deshalb hat auch diese Größe für uns eine Bedeutung, wenn ihr eine selbständige Wirkung auch nicht zukommt.

Über das Zustandekommen von Wärmewirkungen herrschen vielfach noch irrige Anschauungen. Wenn das geringe Wärmeausgleichsvermögen der Peloide — im Vergleich zu Wasser — die Anwendung höherer Badetemperaturen erlaubt, dürfen wir diese höheren Temperaturen nicht schon als Heilfaktoren bewerten, worauf Wehefritz, Lampert, Müller u. a. hingewiesen haben. Denn *nicht die den Körper umgebende Temperatur wirkt auf ihn ein* — diese kann zwar die Wärmeabgabe des Körpers verhindern und zur Wärmestauung führen — *und ebensowenig das Wärmeausgleichsvermögen selbst, sondern die auf den Körper übergehende Wärme.* Diese wird aber durch *beide* Faktoren zusammen bestimmt. Ein Vergleich der Wärmemengen, welche aus verschiedenen Bädern auf den Körper übergehen, stößt deshalb auf große Schwierigkeit, weil wir *zwei Variable* vor uns haben, welche voneinander — zwar nicht physikalisch, aber physiologisch — eine gewisse Abhängigkeit zeigen. Ein Vergleich der Wirkung verschiedener Bäder bei gleicher

Badetemperatur (Müller) muß beim besseren Wärmeleiter höhere Ausschläge ergeben, wird aber den tatsächlichen Verhältnissen nicht gerecht, weil die praktisch angewandten Temperaturen eben nicht dieselben sind. Und wenn man — wie meist — höhere Temperaturen anwenden will, können sie auch gar nicht gleich sein, weil die *Verträglichkeit* eine *verschiedene* ist. Denn durch die langsamere Wärmezufuhr im Moorbad und die Ausbildung einer Isolierschicht wird die Erhitzung der Hautoberfläche bis auf die Badetemperatur vermieden. Folglich kann das Moorbad wärmer angewandt werden als das Wasserbad. So sind die aus dem Bade auf den Körper übergehenden Wärmemengen schwer miteinander vergleichbar.

Für die Wärmewirkungen kommt es aber nicht so sehr auf die absoluten Wärmemengen an, als vielmehr auf den *Wärmegradienten*, und dieser wieder ist abhängig von der Geschwindigkeit der Wärmezufuhr. Die Art der Erwärmung des Körpers im Bade ist daher im Wasserbad und im Moorbad verschieden, nicht nur in quantitativer, sondern auch in qualitativer Beziehung. Daß eine Wärmetiefenwirkung im Moorbad zustande kommen kann, haben Schade und Hagen im Tierversuch erwiesen. Ob diese intensiver ist als im Wasserbad (Kionka u. a.), mag noch dahingestellt sein.

Jedenfalls aber ist die Art der Wärmewirkung abhängig vom Wärmeverhalten des Bademediums. Und ein bestimmtes Wärmeverhalten ist für Peloidbäder charakteristisch, zwar nicht ein bestimmtes Wärmeausgleichsvermögen als solches, sondern nur ein Teilfaktor hieraus, die fehlende Wärmekonvektion. Der Wärmeausgleich beruht also vorwiegend auf reiner Wärmeleitung. Die Wärmestrahlung ist bei den für uns in Betracht kommenden Temperaturen gering. Theoretisch ist zwar hierdurch ein bestimmtes Wärmeausgleichsvermögen nicht gegeben. Denn die Wärmeleitung könnte ja für sich allein auch so groß sein, daß sie den Ausfall an Konvektion wieder wettmacht, wie dies z. B. bei Metallen der Fall ist. Bei unseren Peloiden kommt dies jedoch praktisch nicht vor. Das Gesamtwärmeausgleichsvermögen ist immer wesentlich kleiner als beim Wasser, wenn auch erhebliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Materialien bestehen, besonders zwischen den „Mineralschlammen" mit relativ hoher Wärmeleitung und den vorwiegend organischen Mooren und organischen Schlammen, die schlechte Wärmeleiter sind (Kionka, Benade). Auf diese Unterschiede stützt sich vielfach die Bewertung der Peloide und hierzu wurden mehrere Bestimmungsmethoden ausgearbeitet, welche alle im wesentlichen das Wärmeausgleichvermögen feststellen oder deren reziproken Wert, welchen Judd Lewis als *Wärmehaltung* eingeführt hat (Methoden besonders von Kionka, Lendel, Benade, Gregory und Stephens, Judd Lewis, Hintzelmann und Lapke). Bei der Bewertung legt man allgemein besonders auf eine hohe Wärmehaltung, also geringe Wärmeleitung, Wert (Kionka, Benade, Lendel). Allerdings wurden dagegen auch Stimmen laut (Reichart), konnten sich aber noch nicht recht durchsetzen. Ist es doch gerade die geringe Wärmeleitung, welche diese Bäder kennzeichnet. Wenn man sich wie Reichart auf den gegenteiligen Standpunkt stellt, könnte man die Schlammbäder durch Wasserbäder ersetzen oder noch übertreffen (wenn nicht neben diesem quantitativen noch ein qualitativer Unterschied eine Rolle, vielleicht die wichtigere, spielte).

Wenn so aus der Wärmehaltung, deren Einzelfaktoren — Wärmeleitung und Wärmekonvektion — mehr oder minder herausgelöst werden können, erhebt sich

die Frage nach deren Anteil an der Gesamtwärmehaltung. Biologisch ist letzten Endes nur diese Resultierende von Bedeutung. Daß die Wärmekonvektion in einem dicken Brei gänzlich aufgehoben ist, erscheint nach den Erörterungen über den Reibungswiderstand ganz selbstverständlich. Es bleibt uns aber noch zu untersuchen, bis zu welchen Grenzen dies der Fall ist. Solche Grenzen kommen hier nach 2 Richtungen in Betracht: Einmal muß man bei immer weitergehender Verdünnung schließlich zu einem Punkt mit so geringem Reibungswiderstand kommen, daß dieser durch die Unterschiede verschiedener Schichten im spezifischen Gewicht überwunden wird. Weiter aber muß auch die Zunahme der Korngröße über ein gewisses Maß hinaus die Wärmekonvektion des eingeschlossenen Wassers ermöglichen.

Zunächst soll die letztere Möglichkeit untersucht werden. Die Wärmekonvektion läßt sich quantitativ ausschalten, wenn man das Wasser in festem Zustand oder in Gelform überführt. Dies kann durch Gefrieren oder durch Zusatz von Gelatine od. dgl. geschehen. Zu einem Vergleich mit flüssigem Wasser eignet sich am besten das Agargel, weil dieses in derselben Temperaturzone beständig ist. Zu diesen Untersuchungen habe ich Calciumcarbonat und Kieselsäure in verschiedenen Korngrößen herangezogen.

Die betreffenden Stoffe wurden mit Wasser und ein zweites Mal mit der gleichen Menge eines 2proz. Agargels aufgeschwemmt und nach Erstarren des Agars Abkühlungskurven aufgenommen.

Für diese Versuche erschien es wünschenswert, die Untersuchungen auf eine breitere Zone auszudehnen als die therapeutisch brauchbare, um so deutlichere Unterschiede zu erhalten. Deshalb benutzte ich die alte Methode Kionkas, welche vor der Kugelmethode Benades, die wir heute als Standardmethode für die Bestimmung der Wärmehaltung von Peloiden ansehen können, den Vorzug hat, daß die Füllung auch mit grobem Material möglich ist, wenn man die Thermometer vor der Füllung schon einbaut, was bei der Kugelform des Reaktionsgefäßes Benades nicht möglich ist.

In ein Becherglas wurden also 2 Thermometer eingebaut, das eine in der Mitte, das andere nahe dem Rande mit einem bestimmten Wandabstand. Diese Gläser wurden bis zu immer gleicher Höhe mit der zu untersuchenden Masse gefüllt, im Thermostaten auf eine möglichst gleichmäßige Temperatur (etwa 35°) gebracht und dann der Temperaturabfall der beiden Thermometer beobachtet. Zum Unterschied von Kionka ließ ich nicht an der Luft abkühlen, sondern setzte die Gläser in fließendes Wasser von stets möglichst gleicher Temperatur und gleicher Fließgeschwindigkeit, was viel bessere Resultate gibt als die Luftkühlung, wie ich schon in früheren Versuchen gefunden hatte. Besonders aber ist die Wasserkühlung für die Abkühlungskurven von Wasser wesentlich, weil die Wärmefortpflanzung in einem Stoffe immer nur in Kontakt mit einem besseren Leiter, niemals aber mit einem schlechteren geprüft werden kann.

Auf der graphischen Darstellung des Abkühlungsverlaufes (Abb. 5—8) zeigt uns jeweils die obere, flacher verlaufende Kurve den Temperaturabfall in der Mitte, die untere, anfangs sehr rasch abfallende Linie den am Rande des Glases. Jede Abbildung enthält ein Versuchspaar mit derselben Substanz in gleicher Konzentration einmal mit Wasser, ein andermal mit Agargel angerührt.

Die Geschwindigkeit des Temperaturabfalls der oberen Kurve (Innentemperatur) und ihr Unterschied von dem der Außentemperatur geben uns ein Bild über

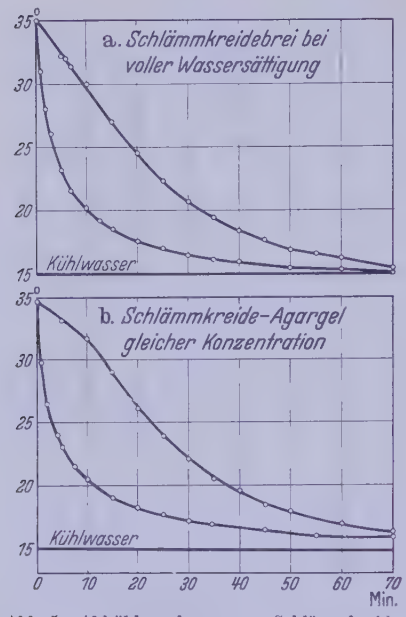


Abb. 5. Abkühlungskurve von Schlämmkreide.

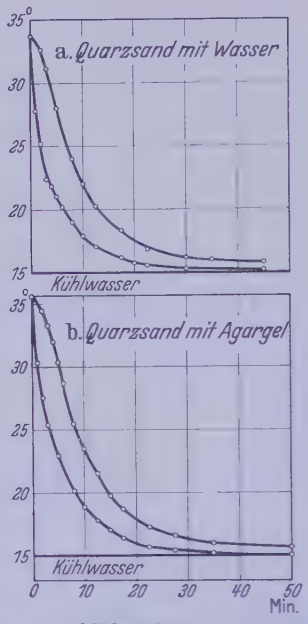


Abb. 6. Abkühlungskurve von Quarzsand.

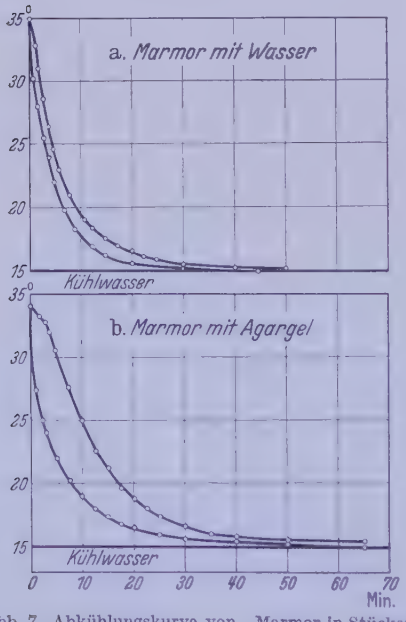


Abb. 7. Abkühlungskurve von „Marmor in Stücken".

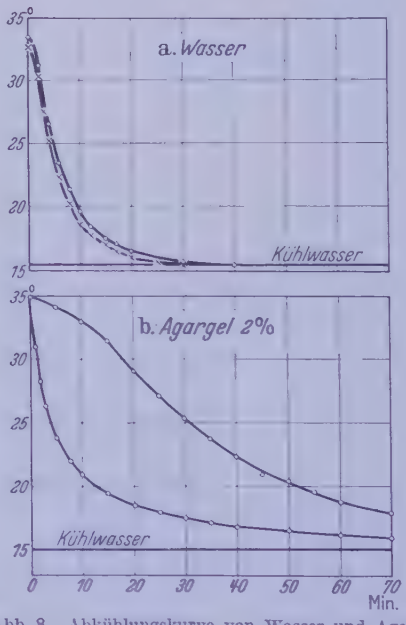


Abb. 8. Abkühlungskurve von Wasser und Agargel.

die Wärmefortpflanzung in dem Bademedium. In unserem Falle interessiert uns nur die Wärmekonvektion. Der Verlauf der Kurve an sich ist daher gleich-

gültig. *Hier kommt es nur darauf an, ob zwischen der mit Wasser und der mit Agar angebreiten Masse ein Unterschied besteht.* Wenn eine nennenswerte Wärmekonvektion erhalten ist, so muß die Innentemperatur bei gleichbleibendem Abfall der Außentemperatur schneller absinken, d. h. die obere Kurve (Innentemperatur) muß sich bei dem agarfreien Brei der unteren Außentemperatur annähern, wie dies natürlich am deutlichsten die reine Wasserkurve zeigt, bei welcher Innen- und Außentemperatur fast zusammenfallen (Abb. 8).

In dieser Weise betrachtet, zeigen die feinkörnigen Aufschwemmungen — Kieselsäuregel, Kieselgur, Schlämmkreide, Calcium carbon. pulv. und sogar Quarzsand — kaum einen Unterschied zwischen Wasser- und Agarkurve. Die Wärmekonvektion ist hier also praktisch vollkommen ausgeschaltet, auch noch bei Quarzsand (Korngröße 1—3 mm), welcher natürlich keinen Brei in unserem Sinne mehr gibt. Erst Marmor in Stücken zeigt einen deutlichen Unterschied. *Innerhalb der brauchbaren Zone haben wir also mit keiner Wärmekonvektion zu rechnen.*

Wenn wir bisher nur dickbreiige Aufschwemmungen untersucht haben, bleibt noch die Frage zu entscheiden, wie sich dünne Aufschwemmungen verhalten, wie wir sie von den Viscositäts- und Stabilitätsbestimmungen her kennen. Um dies zu klären, habe ich noch Abkühlungskurven verschieden konsistenter Breie auf dieselbe Weise durch Vergleich mit konvektionsfreien Agarbreien gleicher Zusammensetzung untersucht. Auch hier ergab sich, daß innerhalb der „stabilen" Zone (s. S. 6) keine Wärmekonvektion eintritt. Die treibende Kraft, auf welcher die Wärmekonvektion beruht, sind geringe Gewichtsunterschiede verschieden warmer Zonen. So nimmt es nicht wunder, wenn schon ein sehr kleiner Reibungswiderstand genügt, diese Art des Wärmeaustausches zu unterbinden. Um dies zu zeigen, mag eine Kurve vom unteren Ende dieser Reihe, also von der Stabilitätsgrenze, genügen (Abb. 9).

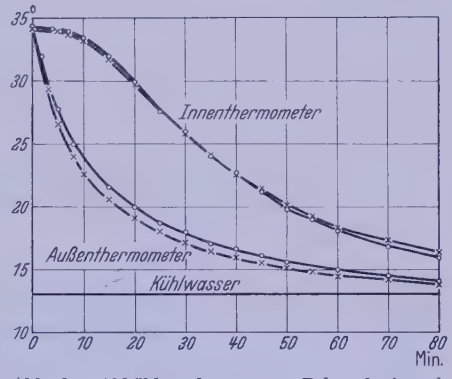


Abb. 9. Abkühlungskurve von Peloranbrei und Peloran-Agargel bei einem Wassergehalt von 300% der Wasserkapazität.
—o— Peloran-Wasserbrei; —×— Peloran-Agargel.

Ist die Grenze der Konvektionsbehinderung nun mit der Stabilitätsgrenze identisch? Praktisch genommen erscheint diese Frage nebensächlich, hat aber doch eine gewisse Bedeutung. Zwischen verschiedenen Peloiden gibt es gewisse Viscositätsunterschiede. Wenn die Grenze bei einem Stoff eben an der Stabilitätsgrenze liegt, könnte bei anderen an dieser Grenze schon eine merkliche Wärmekonvektion auftreten. Bei den Gesetzmäßigkeiten zwischen Konsistenz und Stabilität können solche Unterschiede aber keine allzu großen sein. D. h. liegt die Konvektionsgrenze erst weit außerhalb der Stabilitätsgrenze, dann können wir mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß diese in keinem Fall erreicht wird.

Der Untersuchung sehr dünner Aufschwemmungen setzt deren Instabilität Schwierigkeiten entgegen. Um diese auszuschalten, müssen wir hier mit schnellen Methoden arbeiten, welche eine Bestimmung der Wärmeleitung gestatten, bevor

noch eine merkliche Sedimentation eintritt. Dies läßt sich durch weitgehende Verkleinerung der Apparatur erreichen. Deshalb verwendete ich zu diesen Untersuchungen ein Reagensglas von 14 mm lichter Weite, welches bis zu einer Marke in 7 cm Höhe mit dem zu untersuchenden Schlamm gefüllt wurde. In den oberen Teil des Reagensglases wurde eine Führungshülse eingepaßt, welche das Thermometer trug und durch einen möglichst langen Kontakt mit der Glaswand (6,5 cm) dessen Zentrierung gewährleistete. (Abb. 10.)

Diese Gläser wurden bis zur Marke mit der zu untersuchenden Aufschwemmung gefüllt, bei Verwendung von Agar bis zur Erstarrung gekühlt, dann in Wasserbad auf 35° erwärmt. Leicht bewegliche Suspensionen wurden jetzt nochmal kräftig durchgeschüttelt und dann sofort mit einer Klemme in den Kühltopf mit fließendem Wasser

Abb. 10. Kleine Abkühlungsapparatur.

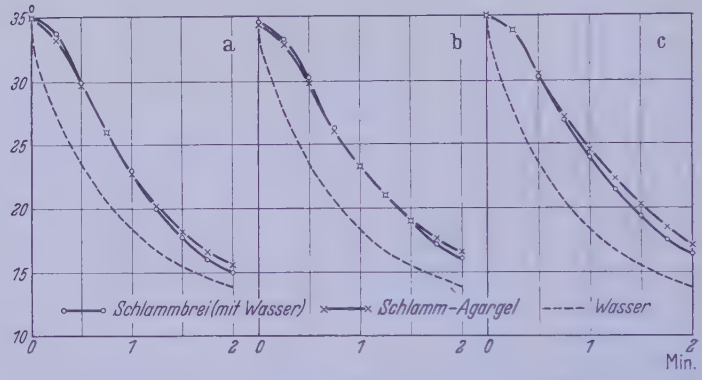


Abb. 11. Abkühlungskurve von Posidoschlamm mit und ohne Agarzusatz. a) Mit einem Wassergehalt von 200% der Wasserkapazität. b) Mit einem Wassergehalt von 300% der Wasserkapazität. c) Mit einem Wassergehalt von 500% der Wasserkapazität.

eingesetzt. Bei dieser Anordnung geht die Abkühlung in wenigen Minuten vor sich. Die Temperatur wurde 5 Minuten lang jede halbe Minute abgelesen. So konnten Suspensionen bis zu einer Stabilität von nur 5 Minuten untersucht werden.

Diese Versuche haben ergeben, daß auch bei den rasch sedimentierenden Aufschwemmungen, soweit sie sich wenigstens diese kurze Zeit stabil erwiesen, die Wärmekonvektion praktisch vollkommen aufgehoben ist. Die Anwendung solcher dünner Bäder wird jedoch durch die rasche Entmischung illusorisch. Die breiige Schicht, welche sich zu Boden setzt, bleibt zwar ein konvektionsfreies Medium, über ihr jedoch setzt sich eine wässerige Schicht mit einem dementsprechenden thermischen Verhalten ab. So scheidet sich also das Bad in 2 Schichten mit vollkommen verschiedenem Wärmeverhalten. Das Bad, als Ganzes betrachtet, wird sich in seinem Verhalten dem des quantitativ hervortretendem Anteils nähern. D. h. ein Bad wenig unterhalb der Stabilitätsgrenze, welches eine dünne Wasserschicht absetzt, verhält sich in seiner Hauptmasse wie ein Schlammbad, eine sehr dünne Suspension, welche nur einen geringen schlammigen Bodensatz absetzt wie ein Wasserbad.

Vom Gesichtswinkel der Wärmewirkungen aus kommen wir also zu dem Schluß, daß sich dünne Peloidbäder innerhalb der Stabilitätsgrenze thermisch ebenso verhalten wie die dicken, auch bei ihnen ist die Wärmekonvektion praktisch aufgehoben. Quantitative Unterschiede zwischen beiden bestehen insofern, als sich die Wärmeleitfähigkeit entsprechend der Veränderung der Zusammensetzung ändert. Dabei bedeutet eine Verdünnung des Bades durchaus keine Verringerung der Wärmehaltung, sondern diese wird in Richtung nach der *reinen* Wärmeleitfähigkeit des Wassers (also ohne Wärmekonvektion) hin verschoben. Nur wenn die festen Bestandteile noch schlechter leiten, bedeutet dies eine Verringerung, bei besser leitendem Anteil („Mineralschlamme") dagegen eine Steigerung der Wärmehaltung (Benade).

Dieses Verhalten gilt bis zur Stabilitätsgrenze. Jenseits von dieser kommt mit der Entmischung auch die Wärmekonvektion wieder zustande. Somit ist *die Grenze der therapeutischen Zone, thermisch betrachtet, mit der Stabilitätsgrenze* (s. S. 6) *identisch.*

Ein Vergleich der Wärmehaltung mit der Viscosität, welche mit zunehmender Verdünnung sehr steil abfällt, zeigt uns, daß wir in der Lage sind, die *mechanischen und thermischen Wirkungen auch praktisch in der Bäderverordnung weitgehend zu trennen.* In einem Bad nahe der Stabilitätsgrenze ist der Reibungswiderstand so unbedeutend, daß wir ihn bei mechanischer Betrachtung vernachlässigen können, während die Wärmehaltung keine Einbuße erlitten hat. Andererseits können wir bei dicken Bädern zwar die eigenartige Wärmehaltung nicht ausschalten, aber die Temperatur des Bades so bemessen, daß wir keine Wärmewirkungen zu erwarten haben, durch Steigerung der Temperatur können wir wieder beide Wirkungsarten — die mechanische und die thermische — kombinieren. So geben uns diese Betrachtungen nicht nur Aufschluß über die Einzelkomponenten der Peloidbäder, sondern auch Anhaltspunkte für eine rationelle individuelle Bäderverordnung.

3. Stofftransport und Adsorption.

Wenn wir hier von der Betrachtung des breiförmigen Zustandes des Bademediums ausgegangen sind und unmittelbare und mittelbare Einwirkungen auf den Körper als das Wesentliche der Peloidbäder ansehen, möchte ich zu diesen mittelbaren Wirkungen noch einen Punkt hinzufügen, welcher bisher kaum Beachtung gefunden hat, wenn er auch primär nicht auf den Körper einwirkt, sondern eher als eine negative Einwirkung angesehen werden kann. Nur gelegentlich wurde er beiläufig miterwähnt (Heiduschka und Möllering, Souci). Die Behinderung von Strömungen im Bademedium muß ebenso wie den Wärmetransport auch den Stofftransport innerhalb der Bademasse einschränken. Auch hier geht in Flüssigkeiten der Transport durch Strömungen weit rascher vor sich als durch Diffusion. In einem zweiphasigen System werden diese Verhältnisse jedoch wesentlich komplizierter. Während echte Lösungen Konzentrationsunterschiede verschiedener Schichten durch Diffusion und Strömungen ausgleichen, wirken hier auch Kräfte nicht nur einem solchen Ausgleich entgegen (Reibung), sondern sogar im Sinne einer Entmischung (Schwerkraft). Wieder andere Kräfte binden Wasser und feste Phase aneinander. Diese Bindung kann auf verschiedene

Weise erfolgen und dementsprechend sehr verschiedene Festigkeit zeigen. Ostwald unterscheidet:

1. Okklusionswasser (in nichtcapillaren Hohlräumen).
2. Capillarwasser.
3. Kolloidal gebundenes Wasser (Quellungswasser).
4. Osmotisch (in Zellen) gebundenes Wasser.
5. Chemisch gebundenes (Hydrat- und Konstitutions-) Wasser.

So kann ein Teil des Wassers fester, ein anderer lockerer an die Grundsubstanz gebunden sein und dasselbe gilt auch für andere Stoffe. Wenn dieses System einen wasserlöslichen Stoff enthält, wird dessen Beweglichkeit von der desjenigen Wassers abhängen, in welchem er gelöst ist. Der im Okklusionswasser enthaltende Anteil wird leichter beweglich sein als der im Capillarwasser oder gar der intracellulär gelegene. Darüber hinaus kann aber auch eine unmittelbare Bindung an die feste Phase zustande kommen, was wir als Absorption bezeichnen. Je nach Bindungsart können wir auch hier wieder unterscheiden:

1. Eigentliche Adsorption (physikalische Oberflächenbindung).
2. Chemische Bindung (z. B. Eisen an Humussäure).
3. Löslichkeit in festen Anteilen (z. B. lipoidlösliche Stoffe im Bitumen).

So können wasserlösliche Stoffe der wässerigen Phase mehr oder minder entzogen werden. Durch ein hohes Absorptionsvermögen für verschiedene Stoffe zeichnen sich besonders die an Kolloiden reichen Peloide aus.

Bei Betrachtung der Badewirkungen ist immer nur von der Absorption von Schweißbestandteilen die Rede, welche der Körper in das Bad hinein absondert (Schade, Souci). Dagegen blieb die Absorption von ursprünglichen Bestandteilen des Bademediums ebenso unberücksichtigt wie deren Transportmöglichkeit.

Demgegenüber wurde eine große Zahl von Bestandteilen der Moor- und Schlammbäder zur Erklärung der Badewirkungen herangezogen. Wenn es auch keinen wirksamen Stoff gibt, der allen Peloiden gemeinsam zukommt, wie ich einleitend ausgeführt habe, ist doch die Möglichkeit gegeben, daß in bestimmten Peloiden biologisch wirksame Stoffe auftreten und ihre Wirkungen entfalten. So finden wir denn auch fast alle Bestandteile, von denen nur eine Wirkung denkbar ist, zur Erklärung von Badewirkungen herangezogen.

Nach dem Grundsatz „corpora non agunt, nisi soluta seu solubilia" hat man das Hauptaugenmerk auf wasserlösliche Bestandteile gelenkt (Lehmann, Ludwig u. a.), aber auch auf lipoidlösliche (Zeynek), zumal Schwenkenbecher die Bedeutung der Lipoidlöslichkeit für die Hautresorption dargelegt hat. Außer den löslichen haben noch die flüchtigen Stoffe eine gewisse Beachtung gefunden. Die größte Aufmerksamkeit wurde dem wasserlöslichen Eisen zuteil (Lehmann, Cartellieri, Kobert u. v. a.). Ja man hebt solche Moore, welche reichlichere Eisenmengen in löslicher Form enthalten, als eigene Klasse — Eisenmoore, Eisenvitriolmoore — heraus (Bergius, Cartellieri, Karl Zörkendörfer, Keilhack).

Wie bei Badewirkungen überhaupt, müssen wir besonders auch beim Eisen zwischen allgemeinen Resorptivwirkungen und reinen Lokalwirkungen auf die Haut unterscheiden. Besonders schreibt man dem Eisen eine lokale adstringierende Wirkung zu (Kobert und Triller), aber auch Resorptivwirkungen (Köhler). Während Resorptivwirkungen nur dem Ferroeisen zukommen

(Heubner, Starkenstein), weil nur dieses resorbierbar ist (Starkenstein), macht Kobert für die adstringierende Wirkung das dreiwertige Eisen verantwortlich. Diese Ansicht stützt sich auf die wesentlich stärker adstringierende Wirkung des Ferrieisens und verschiedene Mooruntersuchungen, welche zweiwertiges wie dreiwertiges Eisen nebeneinander gefunden haben (Kobert, Karl Zörkendörfer u. a.). Diese Untersuchungen beziehen sich jedoch ausschließlich auf Haldenmoor. Demgegenüber konnte ich feststellen, daß im fertigen Moorbad Ferrieisen so gut wie überhaupt nicht vorhanden ist, weil es beim Erhitzen des Moorbreies durch die Reduktionskraft der organischen Substanzen so gut wie vollständig zu Ferroeisen reduziert wird. Dies zeigt folgender Versuch: Zu einem eisenfreien Moor wurde Ferrisulfat zugesetzt und 2 Stunden am Wasserbad erhitzt. (Der Verlust ist darauf zurückzuführen, daß von einer quantitativen

Tabelle 3.

	Zugesetzt	Nach Erhitzen gefunden
Ferro-Eisen	—	101,8 mg Fe
Ferri-Eisen	156 mg Fe	9,2 mg Fe
Gesamt-Eisen . . .	156 mg Fe	111,0 mg Fe

Extraktion abgesehen wurde, weil bei dieser eine teilweise Reoxydation unvermeidlich ist.) Gewiß kommt auch dem zweiwertigen Eisen eine adstringierende Wirkung zu, jedoch in viel geringerem Umfang. An sonstigen Adstringentien kommen Gerbstoffe und auch freie Humussäuren im Moorbade in Betracht (Kobert), in den Eisenvitriolmooren aber auch gelegentlich (Franzensbad, Pretzsch, Schmiedeberg) freie Schwefelsäure (Ludwig, Hödelmoser und Panzer, Benade). Diese entsteht neben dem Ferrosulfat und Ferrisulfat aus Schwefelkies (FeS_2):

$$FeS_2 + 7\,O + H_2O = FeSO_4 + H_2SO_4.$$

Daß die freie Schwefelsäure nicht öfter auftritt, liegt daran, daß sich neben dem FeS_2 noch andere säurelösliche Eisenverbindungen (z. B. Eisenocker) finden, welche die gebildete Schwefelsäure in den meisten Fällen absättigen, wie ich mit folgendem Versuch zeigen konnte:

Tabelle 4. Eisenverteilung in frischem und verwittertem Moor.

	Frisch mg%	Verwittert mg%	Differenz
Disulfid-Fe (FeS_2)	5,6	4,07	— 1,53
Sulfid-Fe (FeS)	0,1	1,32	+ 1,22
Oxyd-Fe (säurelöslich) . .	1,5	0,25	— 1,25
Ferro-Fe (wasserlöslich) . .	0,06	2,03	+ 1,97
Ferri-Fe (wasserlöslich) . .	Spuren	0,77	+ 0,77

Dieser Versuch zeigt, daß das wasserlösliche Eisen stärker ansteigt, als dem Verlust an Disulfideisen entspricht, und zwar besonders auf Kosten des säurelöslichen „Oxydeisens".

Eine zweite große Gruppe bilden die Peloide, welche durch einen Schwefelgehalt in Form von lipoidlöslichem elementarem Schwefel, Schwefelwasserstoff oder Sulfiden bzw. Polysulfiden ausgezeichnet sind. Wir fassen diese unter dem

Namen Schwefelschlamm zusammen (Fresenius, Weiss, Benade). Schwefel findet sich in verschiedenen Peloiden, vor allem in Sapropelen (Benade), weiter in Thermalschlammen, welche mit Schwefelquellen in Beziehung stehen (z. B. Pystian), aber auch in Mineralmooren. So fand Kreussler im Pyrmonter Moor elementaren Schwefel. Ich konnte zeigen, daß solcher beim Verwitterungsprozeß der Eisenvitriolmoore regelmäßig als Nebenprodukt mit entsteht, etwa nach der Formel:

$$FeS_2 + 4\,O = FeSO_4 + S.$$

Bei dieser Klasse muß er demnach als ubiquitär betrachtet werden, wenn auch oft nur in kleinen Mengen. Neben dem Schwefel tritt auch Schwefelwasserstoff in geringen Mengen stets auf und kann auch während des Bades weiterhin gebildet werden, da Schwefel mit Eiweiß (der Haut) unter Abspaltung von Schwefelwasserstoff reagiert (Heffter).

Für die Wirkungen der Moorbäder wurde noch eine große Anzahl von Stoffen verantwortlich gemacht, so Jod (Drenkmann, Anthes und Salzmann), Ameisensäure u. a. flüchtige Säuren (Lehmann, Ludwig), schweflige Säure (Freund), Bitumina (Zeynek) und schließlich östrogene Stoffe — „Ovarialhormone" (Aschheim und Hohlweg, Wehefritz und Gierhake, Köhler) —, Karotinoide (Baudisch und Euler) u. a. m.

Da die Wirksamkeit bisher für keinen dieser Stoffe wirklich erwiesen ist, müssen wir bei dem geringen Resorptionsvermögen der menschlichen Haut und den meist sehr kleinen Mengen deren Bedeutung noch als ungeklärt betrachten. Nun kommen aber als weitere Komplikationen noch die physikalischen Eigenschaften der Peloidbäder hinzu. Aus dem Absorptionsvermögen der Peloide ergibt sich, daß ein wasserlöslicher Stoff in diesem Medium nicht unter allen Umständen wirklich gelöst und in der Badeflüssigkeit gleichmäßig verteilt sein muß, sondern die Konzentration in der wässerigen Phase oder doch in dem am leichtesten zur Verfügung stehenden Okklussionswasser kann tief unterhalb der analytisch gefundenen Konzentration liegen, unter Umständen fast gleich Null sein. Und für die Resorption der in Lösung vorliegenden Stoffe kann als weitere Schwierigkeit die Behinderung der Nachlieferung aus dem Inneren der Bademasse an die Grenzschicht hinzukommen. Deshalb sollen auch diese Transportund Resorptionsverhältnisse hier studiert werden.

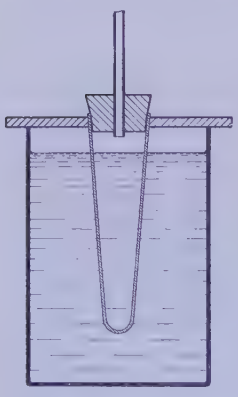


Abb. 12. Diffusionsmodell.

Zunächst ein Modellversuch bei einfachen übersichtlichen Verhältnissen: Eine Glasfilterkerze wird mit einem durchbohrten Gummistopfen verschlossen, durch welchen ein Glasrohr nach oben herausragt und in eine Korkplatte eingepaßt ist. Diese kann auf einen Glasstutzen aufgesetzt werden, wodurch die Filterkerze in bestimmter Höhe fixiert wird. Der Glasstutzen wird bis zu einer bestimmten Marke mit n-Kochsalzlösung gefüllt oder mit Posido, welcher mit der gleichen Lösung im Verhältnis 2:1 angebreit ist. Nun wird die Filterkerze durch Einhängen in einen zweiten gleich großen Stutzen, der mit der berechneten Menge

Wasser beschickt ist, bis zu der Höhe mit Wasser gefüllt, daß nach Übersetzen in den Versuchsstutzen Niveaugleichheit herrscht. Durch Verschließen des Glasrohres mit dem Finger kann die gefüllte Kerze wie eine Pipette herausgehoben und in den anderen Stutzen überführt werden. Dies wird noch erleichtert, wenn der Rand oberhalb der Flüssigkeit durch Schellack inprägniert war. Nach einer bestimmten Zeit wird die Kerze wieder auf gleiche Weise aus der Lösung bzw. dem Schlamm herausgehoben, außen abgetrocknet und in einen Meßzylinder entleert. Bei den Schlammversuchen ließ sich der Schlamm durch äußerliches Abwischen nicht ganz quantitativ von der rauhen Kerzenwand entfernen, weshalb die ablaufende Flüssigkeit getrübt war und filtriert werden mußte. Im Filtrat wurde der Chlorgehalt nach Mohr titriert. Die Wiederholung des Versuchs mit verschiedener Versuchsdauer gibt uns ein Bild über die Geschwindigkeit des Stoffaustausches.

Tabelle 5. Wanderungsgeschwindigkeit des Kochsalzes.

Aus Kochsalzlösung		Aus Kochsalzschlamm	
Zeit	Cl mval/ccm	Zeit	Cl mval/ccm
4 Sekunden . . .	0,08	30 Minuten . . .	0,09
8 „ . . .	0,10	1 Stunde	0,12
15 „ . . .	0,14	2 Stunden . . .	0,16
30 „ . . .	0,30	4 „ . . .	0,20
1 Minute	0,50	8 „ . . .	0,32
2 Minuten	0,60	16 „ . . .	0,53
4 „	0,71	32 „ . . .	0,60
8 „	0,74		
15 „	0,75		
30 „	0,82		

Ein Vergleich dieser beiden Zahlenreihen zeigt, daß die Kochsalzaufnahme aus dem Schlamm ungleich viel langsamer vor sich geht als aus der Lösung. Und zwar braucht die Aufnahme einer bestimmten Salzmenge bei gleicher Konzentration die 400—1000fache Zeit. Danach kann es nicht gleichgültig sein, ob eine bestimmte Menge irgendeines Stoffes in Wasser oder in einem dicken Brei gelöst ist.

Wie liegen diese Verhältnisse nun *in vivo*? Hier können außerdem noch andere Faktoren eine Rolle spielen, so Durchblutungsveränderungen, Permeabilitätsveränderungen der Haut u. a. Wegen der geringen Mengen, in welchen sich lösliche Stoffe in Peloidbädern finden, erscheint es zweckmäßiger, leicht nachweisbare Stoffe zuzusetzen und deren Resorption zu prüfen. Dies haben Anthes und Salzmann mit Jodzusatz versucht und bei Moorbädern einen wesentlich stärkeren Anstieg des Blutjodspiegels gefunden als bei Jodwasserbädern, also gerade das Gegenteil von dem, was wir nach obigen Modellversuchen erwarten müßten. Nun können ja im Moorbad, besonders im heißen, Durchblutungsveränderungen zu einer Resorptionssteigerung führen. So hat Schade und Haagen ein erhöhtes Resorptionsvermögen für subcutane Infiltrationen nachgewiesen. Andererseits aber erscheint mir das Jod zum Studium dieser Fragen wenig geeignet. Kann doch eine Steigerung des Blutjodspiegels auch auf andere Weise als durch Jodresorption zustande kommen. Besonders gilt dies

bei Bädern oberhalb oder unterhalb der Indifferenzzone. So hat Schazillo und Mitarbeiter bei heißen Schlammbädern eine ganze Reihe von Verschiebungen im Mineralstoffwechsel nachgewiesen. Weiters kommt es zu Verschiebungen im vegetativen System (H. Vogt), welche ihrerseits wieder die Funktionen der endokrinen Drüsen (Vogt) und des Mineralhaushalts führen können.

Im Sinne einer Resorptionsbehinderung könnte ein Versuch von Jakoby und Weiss gewertet werden, welche aus Schwefelschlammbädern keine Schwefelwasserstoffresorption nachweisen konnten, wohl aber ebenso wie Maliwa aus Schwefelwasserbädern. Allerdings kann man die Zusammensetzung der Schwefelquellen mit der des Schwefelschlamms nicht identifizieren.

Wenn ich hier die Resorptionsverhältnisse in vivo nachprüfen will, so soll es *nicht* Aufgabe dieser Versuche sein, das Resorptionsvermögen der menschlichen Haut zu untersuchen. Dieses kann als grundsätzlich feststehend gelten (Schwenkenbecher) und ist dem Kliniker aus der Salbentherapie geläufig. Auch die Resorption aus dem Bad ist für verschiedene Stoffe nachgewiesen (Hediger, Maliwa, Jürgens, Fresenius). Dieses Resorptionsvermögen vorausgesetzt, erscheint für vergleichende Untersuchungen ein Versuchsobjekt mit möglichst günstigen Resorptionsbedingungen erwünscht. Deshalb wählte ich den Frosch mit seiner wesentlich besseren Hautresorption. Die wirksame Substanz muß für derartige Versuche eine körperfremde sein. Als Beispiel hierfür nahm ich das Strychninnitrat.

Die Frösche (Rana esculenta) wurden durch Occipitalstich dezerebriert, die Wunde tamponiert und bis zum Sternum in Strychninlösungen bzw. Schlamme eingehangen. In gewissen Abständen wurde die Reflexerregbarkeit bestimmt und die Zeit der ersten Krampfreaktion notiert. Aus dem Schlammbad mußten sie bei unklarer Reaktion von Zeit zu Zeit zur Prüfung kurz herausgenommen werden. Diese Versuche wurden an 25 Fröschen angestellt. Anspruch auf hohe Genauigkeit des Einzelwertes können sie bei den großen individuellen Unterschieden nicht erheben, eine solche ist hierfür auch nicht notwendig. Hier kommt es nur darauf an, beide Zahlenreihen miteinander zu vergleichen. Und diese liegen so weit auseinander, daß sie die Grenzen individueller Empfindlichkeitsschwankungen weit überschreiten. Die beiden Reihen liegen in verschiedenen Größenordnungen, woraus eine starke Resorptionshemmung im Schlammbad deutlich zu erkennen ist.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Peloidbäder Kräfte entfalten, welche der Resorption irgendwelcher Stoffe aus dem Bade entgegenwirken. Als eine dieser Kräfte haben wir die Viscosität kennengelernt. Zu ihr können sich aber noch andere gesellen, welche wir als Absorptionskraft zusammenfassen. Letztere kann sehr verschieden sein, sowohl für verschiedene Peloide (Kolloidgehalt usw.) als auch bei ein und demselben Material gegen verschiedene Stoffe (selektive Adsorption, chemische Bindungen usw.). Als letzte Möglichkeit wäre schließlich noch an eine Veränderung der resorbierenden Haut zu denken. Eine solche läßt sich nicht ausschließen, zumal unter Umständen deutliche Veränderungen der Haut zustande kommen. Doch sind diese sicherlich nicht das allein Ausschlaggebende. Dies zeigen die Versuche mit der kolloidchemisch nicht beeinflußbaren Glasfilterkerze, welche grundsätzlich zu den gleichen Ergebnissen geführt haben.

Wie ich schon mehrfach hervorgehoben habe, ist die Viscosität, auf welcher diese Wirkung beruht, nur ein Faktor der Badewirkung. Andere Komponenten, besonders die Wärme, können durch die Hyperämisierung der Haut dem bis zu einem gewissen Grade entgegenwirken. Welche Wirkung dann überwiegt, ist eine Frage des Einzelfalls. Jedenfalls aber müssen wir auch mit dieser Resorptionsbehinderung rechnen und es geht nicht an, daß wir die Adsorptionskraft immer nur für die Ausscheidungen des Körpers in Anspruch nehmen — wobei deren Konzentration in der wässerigen Phase fast gleich Null werden soll —, dagegen alle ursprünglichen Bestandteile des Bademediums als unbehindert resorbierbar ansehen. Auch diese Stoffe stehen unter dem Einfluß von Kräften, welche einer Resorption entgegenwirken.

Tabelle 6.

Strychnin-Konzentration mg%	Beginn der Krampfreaktion	
	Wasserbad	Posido-Schlammbad
1330		15 Minuten
1000		25 „
500		2 Stunden
200		4 „
100		—
50	14 Minuten	—
20	30 „	—
10	1 Stunde	—
5	$1^1/_2$ Stunden	—
2	2 „	—
1	$3^1/_2$ „	—
0,5	4 „	—
0,25	—	—

Wenn die Peloidbäder lösliche Bestandteile meist nur in sehr geringen Mengen enthalten, wird deren therapeutische Bedeutung noch problematischer als vorher. Daß solche wirksam werden können, will ich hiermit nicht bestreiten. Aber bloß aus dem analytischen Nachweis eines Stoffes darf auf seine Wirkungen nicht geschlossen werden, auch dann nicht, wenn gleiche Konzentrationen in rein wässeriger Lösung wirksam sind. Ein allgemein gültiges festes Verhältnis zwischen den wirksamen Konzentrationen im Wasserbad einerseits und im Peloidbad andererseits läßt sich wegen der selektiven Adsorption nicht berechnen. Unter Umständen kann die Adsorption für bestimmte Stoffe so groß sein, daß deren Konzentration fast auf Null herabgesetzt ist. So muß für jeden Stoff, welcher zur Erklärung der Wirksamkeit herangezogen werden soll, diese Wirkung bzw. die Resorptionsgröße bei der betreffenden Anwendungsform festgestellt werden.

Wir müssen bei der Diskussion über wirksame Stoffe in Bädern aber auch Resorptivwirkungen und Lokalwirkungen auseinanderhalten. Wenn wir uns dessen bewußt sind, daß die Haut nicht nur ein „Integument", sondern ein lebendes Organ ist, verstehen wir, daß das Bad auch unmittelbar auf die Haut und durch deren Vermittlung wieder auf den Gesamtkörper einwirken kann (Vogt, Kühnau), ohne daß hierzu erst eine Resorption von irgendwelchen Bestandteilen „durch die Haut hindurch" notwendig wäre.

Zusammenfassung.

Was die Moor- und Schlammbäder als solche kennzeichnet und von Wasserbädern in erster Linie unterscheidet, ist die dickbreiige Konsistenz. Nur solche Wirkungen, welche unmittelbar oder mittelbar auf dieser beruhen, sind als typische Peloidwirkungen anzusehen. Doch können einzelne Peloide daneben noch andere Wirkungen, etwa chemischer Natur, aufweisen. Solche müssen aber

dann als akzessorische Wirkungen betrachtet werden und haben mit dem Wesen der Peloidwirkungen nichts zu tun.

Die Konsistenz der Peloidbäder muß innerhalb bestimmter Grenzen liegen. Die Breite der zu Bädern brauchbaren Zone wird auf Grund der physikalischen Eigenschaften der Badematerialien abgegrenzt.

Die hohe Viscosität der dickbreiigen Masse kommt vor allem als Widerstand gegen jede Bewegung im Bade zum Ausdruck. Die Größe dieses Widerstandes wird bestimmt und als Funktion des Wassergehaltes des Badebreies dargestellt. Bei dicken Bädern ist zur Überwindung dieses Widerstands ein Druck von etwa 10—25 g pro Quadratzentimeter notwendig. Bei dünnen Bädern ist dieser Widerstand biologisch als mechanischer Faktor belanglos. Nur auf das Wärmeverhalten wirkt er sich unvermindert aus. Durch geeignete Dosierung können diese beiden Komponenten also weitgehend getrennt werden.

Von besonderer Bedeutung ist dieser Widerstand für die lebensnotwendigen Bewegungen, vor allem also die Atmung. Hier kommt es zu einer Verschiebung der respiratorischen Mittellage gegen eine extreme Exspirationsstellung hin mit Druckanstieg im Pleuraraum. Dieser ist wesentlich höher als im Wasserbad und auch im Halbbad schon deutlich nachweisbar.

Auch das bekannte Wärmeverhalten der Peloide beruht auf dem Reibungswiderstand, welcher das Zustandekommen der Wärmekonvektion verhindert. Und zwar ist diese bei allen Peloiden in allen Konzentrationen innerhalb der in dieser Arbeit gekennzeichneten therapeutischen Zone praktisch vollständig aufgehoben. In *dieser* Beziehung stehen daher die dünnen Moorbäder den dicken nicht nach.

Im Verein mit der Adsorptionskraft ist der Reibungswiderstand auch imstande, den Transport gelöster Stoffe innerhalb des Bademediums und sekundär die Resorptionsgröße herabzusetzen. Hierdurch wird die Bedeutung kleiner Mengen „wirksamer Stoffe" noch problematischer, als sie ohnehin schon war.

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen ist das wirksame Prinzip der Peloidbäder vor allem in deren physikalischen Eigenschaften zu suchen. Neben der bereits allgemein anerkannten Wärmewirkung spielen aber auch rein mechanische Faktoren eine nicht zu unterschätzende Rolle. Diese sind in den letzten Jahrzehnten zu Unrecht sehr vernachlässigt worden. Wenn dagegen neuere Untersuchungen von Gollwitzer-Meier schon für das gewöhnliche Wasserbad die Bedeutung mechanischer Faktoren erwiesen haben, wird hier gezeigt, daß dies erst recht für die dickbreiigen Moor- und Schlammbäder gilt und diese mechanischen Wirkungen hier intensiver als im Wasserbad zum Ausdruck kommen, obwohl der Faktor, welcher im Wasserbad als der maßgebliche angesehen werden muß, der hydrostatische Druck nicht wesentlich höher ist.

Neben der Analyse der wirksamen Faktoren sollen uns diese Untersuchungen aber auch Anhaltspunkte für die praktische Badebereitung geben und zur Beantwortung der Frage beitragen: Wieviel festes Material und wieviel Wasser ist zur Bereitung eines Moor- oder Schlammbades notwendig? Eine für alle Materialien gültige feste Zahl läßt sich wegen der Verschiedenheit der einzelnen Stoffe nicht geben. Denn die Wasserkapazität schwankt innerhalb äußerst weiter

Grenzen, etwa zwischen 0,5 und 20 g Wasser pro 1 g Trockensubstanz. Sehr wenig Wasser nehmen die rein anorganischen Schlamme auf, große Mengen die an organischen Stoffen reichen Organismenschlamme und Moore. Doch geht gerade bei höheren Werten Wasserkapazität und Zusammensetzung keineswegs parallel, denn die Wasserkapazität wird weniger durch die Art der Stoffe als vielmehr durch ihren physikalisch-chemischen Zustand bestimmt. So ist denn die Kenntnis der Wasserkapazität des betreffenden speziellen Materials Voraussetzung zur Beantwortung dieser Frage. Die Untersuchungen haben nun ergeben, daß der Wassergehalt des fertigen Bades bei allen Arten von Peloiden mit der Wasserkapazität in einer festen Beziehung stehen muß, um die gewünschte Konsistenz zu ergeben. Daher sind wir in der Lage, durch Bestimmung der Wasserkapazität mit ziemlicher Genauigkeit die Menge des festen Ausgangsmaterials anzugeben, welche für ein Bad benötigt wird und den Erzeugern diese Menge vorzuschreiben. Die therapeutische Breite kann sich etwa in folgenden Grenzen bewegen: Für normale, dicke Moor- und Schlammbäder ist annähernd volle Wassersättigung, also ein Wassergehalt, welcher der Wasserkapazität entspricht, zu fordern. Als höchster zulässiger Wassergehalt kann hierfür etwa 125% der Wasserkapazität gelten. Steigt der Wassergehalt auf 150% der Wasserkapazität, ist der Reibungswiderstand bereits therapeutisch bedeutungslos. Solche Bäder können noch als „dünne Moor- oder Schlammbäder" verwendet werden, sind aber auf solche Fälle zu beschränken, in denen wir den mechanischen Faktor absichtlich ausschalten wollen. Hat z. B. der Torf, aus dem ein Moorbad bereitet werden soll, einen ursprünglichen Wassergehalt von 75% und eine Wasserkapazität von 7 (d. h. 1 g Trockensubstanz vermag 7 g Wasser zu binden), so müssen wir zu einem normalen Bad auf je 100 kg Moor (= 25 kg Trockensubstanz) 100—144 l Wasser zusetzen, damit auf 1 kg Trockensubstanz 7 bis 8,75 kg Wasser kommen. Für ein dünnes Moorbad würde man etwa 187 l Wasser pro 100 kg Moor brauchen. Oder für eine Badewanne von 200 l Inhalt sind zu einem normalen Moorbad 80—100 kg, zu einem dünnen 66 kg Torf nötig. Noch dünnere Bäder sind als unzulässig zu betrachten, denn mit weiterer Verdünnung geht der schlammähnliche Charakter dieser Bäder verloren. Wir haben dann Suspensionsbäder vor uns, welche von Peloidbädern grundsätzlich verschieden sind. In der Balneotherapie lehnen wir solche Bäder ab, zum mindesten dürfen sie nicht als Moor- oder Schlammbäder bezeichnet werden und auch nicht als Ersatzprodukte für solche, weil ihr physikalischer Charakter von diesen grundsätzlich verschieden ist. Gerade weil in manchen Orten sog. Moor- oder Schlammbäder aus wenigen Kilogrammen Ausgangsmaterial bereitet werden und die Industrie zum Teil solche anpreist, erscheint dieser Hinweis auf die praktische Auswertung der Ergebnisse dieser Arbeit begründet, ja notwendig, um unsere wirklich guten Moorbäder von minderwertigen Nachahmungen unterscheiden zu können.

Literaturverzeichnis.

Anthes u. Salzmann: Med. Klin. **1933** II, 1103 — Z. exper. Med. **91**, 100. — Aschheim u. Hohlweg, Dtsch. med. Wschr. **1933**, H. 1. — Bartelmann: Z. physik. Ther. **43**, 291 (1932). — Baudisch u. Euler: Ark. Kem. Min.-Geol. **11** A, Nr 21 (1935). — Benade: [1] Balneologe **3**, 235 (1936); [2] **4**, 49 (1937) — [3] Gutachten im Manuskript — [4] Balneologe **3**, 467 (1936). — [5] Moore, Schlamme, Erden (Peloide). Dresden:

Th. Steinkopff 1938. — Benade u. Stockfisch: Z. Bäderkde **5**, 308 (1930 — Balneologe **1**, 386 (1934) — [2] Z. Bäderkde **5**, 308 (1930). — Bock: Z. physik. Ther. **41**, 42 (1931). — Cartellieri: Monographie der Mineralmoorbäder von Franzensbad bei Eger. Prag 1852. — Cramer: Med. Klin. **1926**, 330. — Drenkmann: Analyse des Moores in Reinerz. Manuskript. — Fellner: Wien. med. Presse **1883**, Nr 13. — Flechsig: Handbuch der Balneotherapie. Berlin 1888. — Frenkel u. Nesterowski: Z. physik. Ther. **33**, 95 (1927). — Fresenius, L.: Balneologe **2**, 529 (1935). — Fresenius, R.: Verschiedene Analysen. — Freund: Z. Bäderkde **2**, 778 (1928). — Freund u. Wachtel: Balneologe **3**, 373 (1936). — Giltscher, Frenkel u. Scheserikowa: Z. exper. Med. **52**, 525 (1926). — Glax: [1] Lehrbuch der Balneotherapie I. Stuttgart 1897 — [2] Lehrbuch der Balneotherapie. Bd. 1. S. 330. — Gollwitzer-Meier: Balneologe **2**, 289 (1935). — Gregory u. Stephens: Arch. med. Hydrol. **13**, 55 (1925). — Hediger: Klin. Wschr. **1928 II**, Nr 33. — Heffter: Naunyn-Schmiedebergs Arch. **51**, 175 (1904). — Heffter u. Hausmann: Beitr. chem. Physiol. u. Path. **5** (1904). — Heiduschka u. Möllering: Balneologe **2** (1935). — Helmkampf: Moor und Moorbäder. Monographie. Leipzig 1903. — Heubner: Ther. Mh. **1912**. — Hintzelmann u. Lapke: Balneologe **3**, 508 (1936).— Hintzelmann u. Bakardiew: Balneologe **5**, 307 (1938). — Jacob: [1] Berl. klin. Wschr. **1881**, 489 — [2] 4. schles. Bädertag 1876. — Jassinowski: Z. physik. Ther. **32**. — Jürgens: Z. physik. Ther. **42**, 90 (1932). — Keilhack: Veröff. Zentralst. f. Balneol., N. F., H. 9 (1929). — Keilhak: In Dietrich-Kaminer, Handbuch der Balneologie. Bd. 1 (1926). — Kionka: [1] Veröffe. Zentralst. f. Balneol., N. F., H. 4 (1926) — [2] Z. Baln **1** (1908) — Ther. Gegenw. **66**, 110 (1915). — Kisch, E. H.: [1] Verh. Hufeland-Ges. **6**, 3. Vers. d. baln. Sekt. 1881 — [2] Jb. Balneol. **1** (1871). — Kobert u. Triller: Z. Baln. **9**, 15 (1926). — Köhler: Z. Kurortwiss. **1**, 388 (1931) — [2] Münch. med. Wschr. **1933**, 1763. — Kreusler: Z. anal. Chem. **38**, 411 (1899). — Krüger u. Budelmann: Z. klin. Med. **129**, 178 (1935). — Kühnau: Balneologe **3**, 69 (1936). — Lampert: [1] Med. Welt **1937**, 571; [2] s. Rajewsky. — Lehmann: [1] Schmidts Jb. **87** (1855) — [2] Bäder- und Brunnenlehre. Bonn 1877. — Lendel: Balneologe **1**, 235 (1934). — Lewis, Judd: Arch. med. Hydrol. **13**, 57 (1935). — Lindemann: Virch. Jb. **1894**. — Loewe, S.: Z. physik. Ther. **33**, 12 (1927). — Ludwig, Hödelmoser u. Panzer: Wien. klin. Wschr. **1912**, 17. — Lübben: Balneolog. Ztg **20**, 1 (1909). — Maliwa: Z. Bäderkde **1**, 323 (1927) — Med. Klin. **1926**. — Müller: [1] Balneotherapie. Leipzig 1890 — [2] Balneologe **3** (1936). — Ostwald: Kolloid-Z. **29**, 316 (1921). — Peters: Berl. klin. Wschr. **1881**, 489. — Peyer: Balneologe **4**, 401 (1937). — Rajewsky u. Lampert: Erforschung und Praxis der Wärmebehandlung in der Medizin. Dresden: Th. Steinkopff 1937. — Reichart: Balneologe **4**, 181 (1937). — Sarre: Balneologe **2**, 101 (1935). — Schade: Veröff. Zentralst. f. Balneol., N. F., **3** (1926). — Schazillo: Z. physik. Ther. **32**, 173 (1926); **33**, 67 (1927). — Schott: Berl. klin. Wschr. **1886**, Nr 25 — Dtsch. Arch. klin. Med. **1922**, 358. — Schwenkenbecher: Das Adsorptionsvermögen der Haut. Monographie. Leipzig 1904. — Souci: [1] Balneologe **4**, 1 (1937) — [2] Münch. med. Wschr. **1932**, Nr 2. — [3] Die Chemie des Moores. Stuttgart: F. Enke 1938. — Stark, A.: Wien. med. Presse **1906**, Nr 45—49. — Starkenstein: Fortschr. Ther. **1930**, H. 4 — Heffter, Handbuch der experimentellen Pharmakologie. Bd. 3. — Stigler: Wien. med. Wschr. **1925**, 1209. — Stockfisch u. Benade: Mitt. a. d. Labor. preuß. geol. Landesanst **1930**, H. 11 — Balneologe **1**, 286 (1934). — Strasser, Kisch u Sommer: Handbuch der klinischen Hydro-, Balneo- und Klimatotherapie. Wien 1920. — Teploff: Z. physik. Ther. **36**, 105. — Valentiner: Handbuch der Balneotherapie. Berlin 1876. — Velde: Balneologe **2**, 433 (1935). — Vogt: Klin. Wschr. **1938** — Z. Bäderkde **3**, 722 (1929); **4**, 701 (1930). — Vogt u. Zörkendörfer: Jkurse ärztl. Fortbildg **1936**, 63. — Wehefritz: [1] Balneologe **1**, 529 (1934); [2] **2**, 77 (1935). — Wehefritz u. Gierhake: Arch. Gynäk. **154**, 384 (1933). — Weiss: Balneologe **2** (1935). — Zeynek: Med. Klin. **1932**, Festschr. f. R. Fischl. — Zörkendörfer, K.: Mooruntersuchungen. Monographie. Prag 1911. — Zörkendörfer, W.: [1] Balneologe **2** (1925; [2] **2**, 462 (1935); [3] **2**, 387 (1935).

Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.